



MÉMOIRES

SUR

LA FORMULE BAROMÉTRIQUE

DE LA MÉCANIQUE CÉLESTE.

Se trouve

Chez les principaux Libraires de l'Empire.

MÉMOIRES

SUR

LA FORMULE BAROMÉTRIQUE
DE LA MECANIQUE CÉLESTE,

ET

LES DISPOSITIONS DE L'ATMOSPHÈRE
QUI EN MODIFIENT LES PROPRIÉTÉS:

AUGMENTÉS

D'une Instruction élémentaire et pratique, destinée à servir de guide dans l'application du Baromètre à la mesure des hauteurs.

PAR L. RAMOND,

Baron de l'Empire, Commandant de la Légion d'honneur, Préfet du Puy-de-Dôme, Membre de l'Institut et de plusieurs Sociétés savantes.





A CLERMONT-FERRAND,
De l'Imprimerie de LANDRIOT, Imprimeur-libraire.
1811.

PRÉFACE.

LA classe des sciences physiques et mathématiques de l'Institut, reçut, il y a sept à huit ans, des détails sur le nivellement exécuté au Simplon. La hauteur que cette grande opération assignait au point culminant de la route, se trouvait conforme à celle que Saussure avait autrefois conclue de la seule observation du baromètre.

On s'occupait peu alors de mesures barométriques. L'accord de celle-ci avec un nivellement très-soigné, réveilla l'attention de la classe, et fut l'occasion d'une de ces discussions verbales qui répandent toujours, sur les questions, une nouvelle lumière, provoquent singulièrement l'avancement des sciences, et constituent l'un des principaux avantages des réunions savantes.

M. de Laplace avait proposé, dans son Exposition du système du monde, une nouvelle méthode pour l'application du baromètre à la mesure des hauteurs. Ce bel ouvrage était à sa seconde édition, et personne n'avait encore songé à mettre cette méthode en usage. Je m'engageai à en faire l'essai. La généralité de ses principes lui donnait, sur les formules anciennes, une supériorité évidente. Je remarquai seulement que son coefficient, provisoirement établi sur la foi d'une grande mais unique

observation, devait être un peu trop faible, à en juger soit par les expériences assez nombreuses que j'avais faites antérieurement, soit par la valeur que les physiciens les plus célèbres avaient attribuée au coefficient de leurs formules.

J'entrepris donc de le déterminer plus exactement, et je dois croire que j'y ai réussi, puisque mon évaluation a été confirmée, non seulement par un grand nombre de mesures, mais encore par les expériences directes de MM. Biot et Arago. Je suis loin, au reste, de me faire un mérite du succès. Il m'appartient beaucoup moins qu'il n'appartient à un concours de circonstances favorables, où le hasard eut incontestablement plus de part que ma prévoyance. Je le dois à l'admirable position que les Pyrénées m'ont offerte, à l'élévation de la colonne d'air que je mesurais, à l'extrême précision du nivellement qui m'en fesait connaître la hauteur, à l'heureuse disposition des lieux où les deux baromètres étaient placés, avantages inestimables dont je ne connaissais pas encore tout le prix, et dont la réunion a manqué souvent aux expériences qu'on a faites avant moi, et peut-être même à celles qui ont été faites depuis.

La détermination du coefficient fut le sujet d'un mémoire que je lus à l'Institut à la fin de l'année 1804. Ce mémoire n'était encore qu'une ébauche très-imparfaite; mais il offrait le premier exemple

de l'emploi d'une formule capitale et le premier type de son calcul : il fixa l'attention ; et si je n'ose me flatter qu'il ait secondé l'impulsion que M. de Laplace allait donner aux opérations de ce genre, au moins puis-je m'applaudir de n'avoir été devancé par personne dans la route qu'il venait de tracer aux physiciens.

Le Xe livre de la mécanique céleste parut, et mon coefficient fut adopté dans l'immortel ouvrage qui sauve de l'oubli les noms que son illustre auteur n'a pas dédaigné de mettre sous la protection du sien.

La nouvelle formule fut dès-lors éprouvée de toutes parts, présentée et expliquée dans tous les ouvrages d'enseignement. M. Puissant l'exposa dans son Traité de géodésie ; M. Hauy dans ses Elémens de physique ; M. Biot dans son Astronomie ; M. Poisson dans ses savantes leçons à l'école polytechnique. En France, en Allemagne, on s'empressa d'en faciliter le calcul par des tables auxiliaires ou spéciales. Bientôt on en vit l'usage dignement consacré par l'heureuse application que M. de Humboldt et son estimable collaborateur en ont faite au nivellement des contrées équinoxiales ; et pour qu'il ne manquât rien à l'illustration de cette remarquable formule, d'autres essayaient de l'examiner sous un point de vue critique, et de la perfectionner encore d'après des expériences plus ou moins concluantes ou des théories plus ou moins plausibles ; tandis que la bibliothèque britan-

nique se plaisait à en marquer l'époque par une histoire complète des mesures barométriques, histoire dans l'auteur de laquelle on aime à reconnaître le savant qui y a joué lui-même un rôle très-honorable. Ce que le baromètre a récemment fourni de recherches, d'essais, de considérations nouvelles, d'écrits instructifs et estimables, tous ces travaux qu'ont enfantés deux pages de la mécanique céleste, déposent hautement de l'influence qu'un esprit supérieur exerce sur les idées contemporaines. Rarement un ouvrage du premier ordre a produit autant d'ouvrages secondaires, et la formule même de M. Deluc, au moment où elle fesait révolution dans la science, fut loin d'occuper une pareille place dans les pensées des physiciens et les livres classiques.

Je crois qu'il reste désormais peu de choses à faire pour amener le calcul au plus haut degré d'exactitude et de simplicité. Mais ce n'est pas tout de calculer juste si l'on n'observe bien; car la défiance qu'inspiraient depuis long-temps les mesures barométriques, tenait moins encore à l'imperfection des formules qu'à celle des instrumens et des méthodes d'observation.

L'art d'observer n'est pas aussi facile qu'on pense. Il ne suffit pas d'être exact : le fluide sur lequel on opère a d'étranges caprices; et dans l'application de la théorie aux cas particuliers, il faut voir quelque chose de plus que les indications des instrumens et

le calcul d'une formule. Déterminer les conditions d'une bonne observation, démêler les circonstances propres aux opérations barométriques, reconnaître les modifications de l'atmosphère dont l'influence altère la justesse des mesures, qualifier les erreurs et les faire servir elles-mêmes à l'avancement de la science météorologique : tel a été l'objet des différens mémoires que j'ai successivement donnés. J'ai espéré me rendre utile en traitant avec étendue un sujet qui depuis Deluc n'a occupé qu'un très-petit nombre de praticiens. Il fallait nécessairement l'approfondir jusqu'à un certain point, pour apprécier le mérite de la formule dont j'examinais les propriétés. En suivant cette marche, je me suis convaincu peu à peu qu'avec cette formule, telle qu'elle est, l'incertitude des mesures barométriques pouvait être réduite à celle dont les opérations trigonométriques elles-mêmes ne sont point exemptes. Mais si j'ai produit des exemples capables de justifier une idée aussi nouvelle, il est certain qu'à moins d'opérer avec les mêmes précautions et le même scrupule, on parviendrait difficilement soit à la confirmer, soit à la contredire.

Maintenant donc qu'un zèle tout nouveau anime les observateurs, que de tous côtés on transporte des baromètres, que partout on étudie, on démontre, on analise, on commente, on retouche, d'une main quelquefois un peu légère, la fameuse formule

qui a remis les mesures barométriques en crédit, j'ai pensé que les physiciens ne seraient pas fâchés de voir réunir en un seul corps, des mémoires qui tendent principalement à perfectionner la partie expérimentale des opérations, et qui auront du moins à leurs yeux, le mérite d'être consacrés à la formule toute pure, d'en démontrer la bonté par des applications aussi variées que nombreuses, et de tirer de son propre fonds l'indice et quelquefois l'explication de certaines modifications de l'atmosphère, dont les mesures barométriques pouvaient seules constater l'existence et révéler l'origine. J'avais d'abord songé à refondre ces mémoires pour les reproduire sous la forme d'un traité régulier. Je n'ai pas tardé à abandonner ce projet. Un ordre factice aurait imparfaitement remplacé cette succession naturelle des idées qui s'enfantent l'une l'autre, à mesure que l'esprit s'éclaire sur l'objet de ses recherches; et tout bien considéré, la marche que j'avais suivie pour m'instruire, était peut-être encore celle qui convenait le mieux à l'instruction des autres.

Je les donne donc, à de légères corrections près, tels qu'ils ont été lus à l'Institut et imprimés dans la collection de ses mémoires. Mais j'ai cru nécessaire de les augmenter d'une instruction élémentaire destinée à servir de guide soit dans la partie mathématique, soit dans la partie expérimentale des

opérations. J'ai voulu y réunir, non tout ce que l'on sait, mais ce qu'il est indispensable de savoir pour observer avec intelligence, opérer avec exactitude et porter la pratique d'un instrument devenu vulgaire, au niveau des connaissances acquises. On y trouvera des types de calcul et des tables auxiliaires fort étendues. Enfin, j'y donne quelques conseils sur les observations météorologiques sédentaires, considérées dans leur objet principal, celui de réduire les moyennes pressions de l'air à des termes parfaitement comparables.

Dans cette instruction finale, j'ai tâché d'être aussi clair que le sujet le comporte; et mon dessein a été de me mettre à la portée des personnes dont les connaissances se bornent à une idée générale des lois de la physique, et aux simples élémens du calcul. Celles qui sont peu versées dans la langue mathématique franchiront quelques pages sans rien perdre de ce qu'il est nécessaire de savoir pour se servir très-utilement du baromètre. Mais je ne devais pas non plus les croire si mal préparées à une étude de ce genre, que l'emploi de la méthode logarithmique dût être regardée comme un obstacle à l'intelligence de la partie arithmétique des opérations. On peut sans doute remplacer les tables de logarithmes par des tables spéciales, et des savans très-distingués ne nous ont rien laissé à désirer en ce genre. Mais leurs tables n'ont qu'une application et

les logarithmes en ont sans nombre : ils se prêtent à toutes les combinaisons numériques, depuis celles de la haute astronomie jusqu'à celles de l'économie civile et domestique, et l'on aurait quelque chose à se reprocher si l'on négligeait une occasion d'en rendre l'usage plus vulgaire. Que celui qui ne les connaît pas, les étudie : il ne trouvera guère plus de difficulté à s'instruire de leurs propriétés usuelles qu'à se familiariser avec le mécanisme des tables qu'on leur substitue; et en fût-il autrement, je ne verrais pas encore la nécessité d'applanir les voies aux gens qui ne veulent prendre aucune peine. L'attention ne se fixe guère sur ce qui se fait sans effort, et celui qui n'en a que ce qu'il faut pour les choses très-faciles, en a rarement assez pour les bien faire. Tout le monde consulte le baromètre, parce qu'il est fort aisé de le consulter bien ou mal. Cela n'est point sans utilité; mais la science elle-même n'a nul besoin de cette foule d'auxiliaires. Elle demande des gages à ceux qu'elle appelle. Gardons-nous de la réduire à des procédés purement empiriques : la météorologie en a déjà fait l'essai, et elle n'y a pas gagné. Si chacun ne l'eût crue à sa portée, son histoire ne serait pas encombrée d'observations faites sans exactitude et sans discernement. Ce qui nous importe désormais, ce n'est pas d'en avoir beaucoup, c'est d'en avoir de bonnes.

PREMIER

PREMIER MÉMOIRE,

Lu à l'Institut national le 7 décembre 1804 et le 26 avril 1805;

Extrait du sixième volume des Mémoires de la Classe des sciences mathématiques et physiques.

PREMIÈRE PARTIE.

Observations faites pour déterminer plus exactement le Coefficient constant de la formule de M. Laplace.

Depuis l'époque, déjà ancienne, où Deluc a introduit la correction de la température dans la mesure des hauteurs à l'aide du baromètre, toutes les améliorations du système se sont bornées, soit au déplacement du terme fixe où la différence des logarithmes doit donner directement la hauteur cherchée, en mesures connues, soit à la modification du coefficient qui, à compter de ce terme fixe, doit exprimer les dilatations thermométriques de l'air.

Cette marche était obscure et embarrassée : il était temps d'en adopter une qui indiquât plus nettement le point d'où l'on partait, et le but où il fallait tendre. M. Laplace a satisfait à ces conditions, en proposant, au XIVe chapitre de son *Exposition du système du monde*, un ordre d'opérations qui procèdent comme la théorie, et se développent comme le raisonnement.

Sa formule cependant n'avait encore été essayée que sur une observation faite au pic de Ténériffe par feu Borda; observation unique, et où il s'est probablement glissé quelqu'erreur;

car ses conséquences mettraient en question le mérite de toutes les formules et l'exactitude des plus habiles physiciens.

Appliquée ensuite à l'observation du Mont-Blanc, elle avait donné une hauteur beaucoup trop petite, tandis que les formules de Trembley et de Schuckborough en avaient donné une beaucoup trop forte; mais rien encore ne pouvait être conclu de cette nouvelle application. L'observation de Saussure, comme celle de Borda, ne paraît point avoir été faite dans des circonstances favorables à l'usage du baromètre. Saussure l'avait soupçonné lui-même, et il essaye d'expliquer *pourquoi, dans ce cas-ci, la formule de Trembley ne diminue pas assez la hauteur donnée par la différence des logarithmes.* Il en trouve une raison qui lui paraît évidente, savoir, que *la partie supérieure de la colonne d'air, comprise entre la plaine et la montagne, est beaucoup plus froide autour du Mont-Blanc, qu'à pareille hauteur dans l'air libre ou sur d'autres montagnes, à cause de la ceinture de neiges et de glaces qui l'entourent presque dès sa base, et qui donnent à cette partie de l'atmosphère une densité plus grande* (1). Je ne sais si j'entends bien cette explication; mais il me semble que la condensation accidentelle dont il est question, n'a pu affecter le baromètre inférieur, qui, étant observé à Genève, se trouvait en dehors de cette influence locale; et quant aux instrumens placés au sommet, si cette même influence avait pu agir sur eux, il semble que les causes alléguées auraient dû produire un effet diamétralement opposé à celui que cet illustre physicien leur attribue; car, dans le cas où la condensation de l'air se serait rendue sensible au baromètre, elle aurait élevé quelque peu le mercure, tandis que le froid occasionné par la présence des neiges, aurait fait descendre le thermomètre au-dessous du terme où il se serait soutenu dans les parties corres-

(1) *Voyages dans les Alpes*, § 2003.

pondantes de la même couche d'air : or, l'effet commun de ces deux actions aurait été de diminuer la hauteur au lieu de l'augmenter. J'ai donc cherché une explication qui me satisfît davantage, et j'ai cru la trouver dans la direction et l'intensité du vent qui soufflait alors ; c'étoit un vent du nord assez vif. Les vents de cette région sont toujours bas et poussent devant eux les couches inférieures de l'atmosphère. En heurtant le Mont-Blanc, dont la face la plus escarpée est précisément de ce côté, il formait un courant ascendant, dont l'effet était de soulever la colonne d'air qui pesait sur le baromètre de la cime, et de diminuer, proportionnellement à sa vitesse, le poids de cette colonne et la hauteur du mercure. Il convenait de soumettre à la décision de l'expérience une conjecture qui pouvait diriger plus d'une fois dans le choix des circonstances favorables aux observations de ce genre. J'ai choisi, à cet effet, le Pic du Midi de Bigorre qui est escarpé au nord, comme le Mont-Blanc, mais dont la cime est dépourvue de neiges, quoique son élévation soit considérable. J'y suis monté par un vent nord-est, et le courant ascendant s'est rendu sensible par le résultat du calcul : toutes les formules m'ont donné un excès de 20 à 25 mètres sur la hauteur bien connue de cette montagne. Au contraire, étant monté à la cime du Mont-Perdu qui est couvert de neiges et environné de glaciers, mais y ayant trouvé un vent impétueux de sud-ouest, vent haut et qui entraîne les couches supérieures de l'atmosphère, toutes les formules m'ont donné une hauteur trop petite, et il m'a été impossible de douter que le froid de cette cime n'ait été pour beaucoup dans l'insuffisance du résultat.

Le *Col-du-Géant* a précisément la même élévation que le Mont-Perdu, et quatre-vingt-cinq observations barométriques faites par Saussure à cette hauteur, devaient répandre beaucoup de lumières sur le mérite de nos formules : mais nous n'avons pas le détail de ces observations. Saussure s'est contenté d'en

prendre la moyenne, qu'il a employée selon la méthode de Trembley, et dont le résultat a été de 16 toises au-dessous de la mesure géométrique (1); cela devait être. Tous ceux qui ont appliqué le baromètre à la mesure des hauteurs, savent que chaque heure du jour influe sur la marche des instrumens, d'une manière qui lui est particulière. Depuis le coucher du soleil jusqu'à son lever, règnent des vents descendans occasionnés par le refroidissement des cimes, et auxquels succèdent, vers le milieu du jour, des vents ascendans, occasionnés par l'échauffement des plaines. L'effet de ces vents inclinés, qui deviennent presque verticaux dans certaines positions, est sensible, non-seulement sur le baromètre, qu'ils tiennent tantôt au-dessus et tantôt au-dessous de la hauteur où il devrait se soutenir, mais encore sur le thermomètre qui se trouve alors dans un courant d'air dont la température est fort différente, ainsi que Pictet l'a observé, de celle qu'il aurait dans son état d'équilibre. C'est à ces causes que l'on doit les vents de jour et de nuit, de matin et de soir, qui soufflent régulièrement durant le beau temps, dans les vallées et sur les plaines limitrophes, ainsi que les vents alternatifs de terre et de mer que l'on ressent à la proximité des côtes; et il n'est pas douteux que les variations horaires du baromètre ne tiennent beaucoup aux oscillations diurnes de l'atmosphère particulière où ces variations ont été observées. Or, comme l'expérience prouve que les formules donnent les hauteurs trop petites, pendant tout l'espace de temps où règnent les vents descendans, et que cet espace de temps occupe dans les vingt-quatre heures beaucoup plus de place que celui où règnent les vents ascendans, qui donnent les hauteurs trop fortes, il s'ensuit que la moyenne d'une série d'observations faites d'heure en heure, comme celle de Saussure au Col-du-Géant, donnera nécessairement un résultat beaucoup

(1) *Voyages dans les Alpes*, § 2049.

trop faible, si d'autres causes perturbatrices n'ont pas accidentellement affecté le résultat dans un sens opposé.

Je ne connais pas d'autres montagnes d'une grande élévation, où l'on ait rempli à la fois les deux conditions d'une mesure exacte et d'observations barométriques assez sûres pour servir à la vérification de nos règles. L'Etna, qui est si heureusement situé pour de pareilles expériences, n'a pas été géométriquement mesuré; et une seconde observation, faite au pic de Teneriffe par Cordier, n'a point répondu à notre attente, parce que le baromètre inférieur est resté entre les mains d'une personne qui n'a pas su employer le vernier de son instrument.

Mais, quel que fût le mérite des observations, il était aisé du moins de comparer les résultats obtenus par la formule de M. Laplace, à ceux que donnaient les formules établies jusqu'à présent sur les meilleurs fondemens; et il était constant qu'elle marchait à très-peu de chose près avec celle de M. Deluc, qui est regardée depuis long-temps comme donnant les hauteurs trop petites, d'une quantité évaluée à plus d'un quarante-deuxième, en sorte que le coefficient 17972^{m}1 adopté par M. Laplace, paraissait trop faible pour représenter à la fois le rapport du poids du mercure à celui de l'air, et la moyenne des actions inappréciées dont l'influence concourt habituellement à augmenter ce rapport.

M. Laplace a eu assez de confiance en mes propres observations, pour m'autoriser à fixer l'augmentation dont son coefficient étoit susceptible.

Aucune montagne qui se trouvât à ma portée, n'était plus propre à ce genre d'expérience que le *Pic du Midi de Bigorre*. Sa hauteur est assez considérable; il a 2935 mètres ou 1506 toises au-dessus de l'Océan, et cependant, comme je l'ai déjà dit, il se dépouille entièrement en été de ce revêtement de neiges, qui, sur les montagnes élevées, trouble souvent l'observation de la température de l'air. Il est trop isolé aussi pour que les

hautes montagnes qui se trouvent au midi, exercent quelque action sur son atmosphère particulière; trop élancé dans les airs, trop exposé à tous les vents, pour que la présence de la terre puisse affecter sensiblement un thermomètre qui y est convenablement placé. Il domine immédiatement l'immense plaine adjacente : rien ne s'élève entre lui et Tarbes où devaient se faire les observations correspondantes, et sa hauteur au-dessus de cette ville a été déterminée par un nivellement exécuté avec un soin extrême. En défalquant de cette hauteur celle du cabinet de mon correspondant, j'avais à mesurer une colonne d'air de 2613 mètres (1341 toises); et certainement on n'aura pas souvent l'occasion de porter le baromètre aux deux extrémités d'une échelle aussi haute et aussi exactement mesurée.

C'est donc là que je suis allé plusieurs fois faire l'essai des formules, à diverses températures, avec des vents différens, et aux heures de la journée dont il m'importait le plus de connoître l'influence. De toutes les causes qui modifient les résultats, cette dernière m'a constamment paru la plus puissante. Au Pic du Midi, les heures voisines du lever du soleil m'ont occasionné jusqu'à 60 mètres d'erreur en moins, et je me suis convaincu par près de huit cents observations faites en divers lieux, que l'heure de midi était, comme Saussure l'avoit soupçonné, celle qui convient le mieux à la mesure des hauteurs. La cinquième partie du jour, recommandée par Deluc, n'a pas aussi bien répondu à mes espérances. L'équilibre n'est pas encore bien rétabli dans l'atmosphère, et les instrumens éprouvent des variations trop promptes. C'est vers le milieu du jour que le calme est le plus complet. On le reconnaît au baromètre et au thermomètre qui demeurent long-temps stationnaires; et cette dernière circonstance a de plus cet avantage particulier, qu'elle sauve les conséquences des petites erreurs qui pourraient être commises sur la simultanéité des observations correspondantes.

Je n'ai pas besoin de dire que dans des opérations qu'affec-

tent déjà tant de causes inappréciables d'erreur, j'ai mis tous mes soins à éviter celles qui peuvent être appréciées et prévues. J'ai choisi les temps les plus favorables; j'ai employé d'excellens instrumens; ils ont été scrupuleusement comparés avec ceux de M. Dangos qui s'est dévoué pendant deux ans à faire à Tarbes les observations correspondantes. Enfin, nous avons toujours corrigé la température du mercure à l'aide de thermomètres affectés à cet usage, précaution trop souvent négligée, et dont l'omission entraîne des erreurs assez graves, puisque je me suis assuré par des expériences directes, que plusieurs heures de séjour dans une station ne suffisent point pour amener le baromètre à la température de l'atmosphère.

Je puis donc avoir quelque confiance dans les résultats que je vais exposer, résultats qui m'ont déterminé à augmenter le coefficient de M. Laplace d'un peu moins d'un quarante-deuxième, et à le porter à 18393 mètres.

1°. *Pic du Midi.*

	Th. centigr.	Mètres.
Hauteur à mesurer		2613.137
26 juillet 1803, à 0h, température moyenne	19°53	2603.778
12 septembre 1803, à 0h, température moyenne	17°895	2613.664
23 septembre 1803, à 0h, température moyenne	13°438	2613.970
27 septembre 1803, à 0h, température moyenne	11°563	2612.916

Ainsi, les trois dernières observations ont donné la hauteur vraie, à quelques décimètres près en plus ou en moins; et la première qui est celle en qui j'ai le moins de confiance, à cause d'un défaut dans la division du baromètre que j'y ai employé, ne s'est pourtant écartée que d'un deux cent soixante-dix-neuvième. Il est à remarquer que la formule de Trembley a été plus divergente; que toutes ses erreurs ont été dans le même sens, c'est-à-dire en plus, et que le seul résultat que j'aie trouvé presque juste, correspond précisément à l'observation douteuse où la formule de M. Laplace paraîtrait s'être un

peu démentie; en sorte qu'il y a déjà quelques vraisemblances de plus en faveur de cette dernière formule.

2°. *Pic d'Eyré.*

Un autre pic a été mesuré avec une exactitude suffisante, savoir, le *Pic d'Eyré*, dont MM. Monge et Darcet ont fait le nivellement jusqu'à Luz. En ajoutant à la hauteur que ce nivellement nous donne, celle de Luz au-dessus de Tarbes, déterminée par le nivellement de MM. Vidal et Reboul, ce pic est élevé au-dessus du niveau de la mer de 2469 mètres ou 1267 toises, et au-dessus du cabinet de M. Dangos, de 2147^{m}316; il est donc beaucoup moins haut que le Pic du Midi; il est aussi dans une situation moins favorable pour les observations barométriques, étant immédiatement environné de hauteurs plus considérables, et masqué, du côté de la plaine où se faisaient les observations correspondantes, par de longues crêtes qui interrompent la continuité de la couche d'air. Malgré ces inconvéniens, j'ai obtenu un résultat assez satisfesant d'une observation unique que j'ai faite au sommet de ce pic.

	Mètres.
Hauteur à mesurer	2147.316
Observation du 5 octobre 1803, à 0^{h}, température moyenne, 16°125.	2137.45

La différence est un deux cent dix-huitième en moins. La formule de Trembley a approché un peu davantage; mais elle est restée de même en dessous de la hauteur conclue du nivellement. Or, comme il y a aussi une différence entre M. Monge et M. Vidal sur la partie de ce nivellement qui leur est commune, l'erreur doit être partagée entre le baromètre et le niveau, ce qui la réduit à un quatre cent trente-sixième.

3°. *Pic de Bergons.*

Une troisième montagne, le *Pic de Bergons*, a été mesurée par une série d'opérations trigonométriques fesant partie du travail

du travail de MM. Vidal et Reboul. J'y ai porté également le baromètre. Ce pic est élevé de 2113 mètres ou 1084 toises au-dessus de l'Océan, et de 1790^{m}64 au-dessus du cabinet de M. Dangos. Sa position n'est pas plus favorable aux observations barométriques que celle du Pic d'Eyré; cependant le résultat a été juste.

	Mètres.
Hauteur à mesurer.	1790.64
Observation du 25 septembre 1805, à 0^{h}, température moyenne, 16°25. . .	1790.9

L'erreur de la formule de Trembley a été en excès, mais assez petite, puisqu'elle n'a été que de 5 mètres.

4°. *Pic de Montaigu.*

J'AI fait, avec toute l'exactitude que comporte l'emploi de petits instrumens, une suite d'opérations trigonométriques pour mesurer deux triangles de 10 à 15000 mètres de côté. Ils étaient destinés à déterminer la position d'une couple de montagnes, et à vérifier la distance du pic de Montaigu au pic du Midi. Dans le cours de ces opérations, que j'ai exécutées à l'aide d'un petit cercle répétiteur, je me suis procuré plusieurs bases verticales, en prenant les angles au zénith de quelques sommets dont je mesurais la hauteur relative, à l'aide du baromètre. Ce procédé est très-expéditif et très-sûr, parce que, d'une part, les observations barométriques n'ont jamais plus d'exactitude que lorsqu'elles sont faites de sommets à sommets, même à de très-grandes distances horizontales, et que, de l'autre, les angles au zénith pris à la fois des divers sommets où l'on a porté le baromètre, se corrigent respectivement de l'effet de la réfraction et de l'abaissement du niveau. Je recommande cette méthode à ceux qui ont intérêt à tracer dans le moindre espace de temps possible la topographie d'un pays de montagnes. L'idée m'en a été

suggérée par M. Allent, lieutenant-colonel du génie, et l'essai que j'en ai fait a complettement répondu à notre attente (*).

Au reste, sans insister quant à présent sur un travail dont je ne fais mention que pour indiquer une nouvelle utilité du baromètre, je me contenterai d'en extraire la hauteur du pic du Midi au-dessus du pic de Montaigu, prise trigonométriquement de la cime de ce dernier.

	Mètres.
La moyenne entre deux résultats peu différens est	560.425
Hauteur absolue du pic du Midi	2935.25
Hauteur absolue du pic de Montaigu	2374.825

Une observation barométrique que j'ai faite à ce sommet avec un soin tout-à-fait scrupuleux, a été calculée de deux manières : l'une avec la température du vent, comme je suis dans l'usage de le faire ; l'autre avec la température du calme, qu'on peut toujours soupçonner d'être affectée par des causes locales de froid ou de chaud.

Observation du 15 novembre 1803.

		Mètres.
Température du vent ; chaleur moyenne.	9°0625 de l'échelle centigrade	2054.27
Température du calme ; chaleur moyenne.	8°375	2050.80
Moyenne		2052.535
Élévation du cabinet de Dangos au-dessus de la mer		322.111
Hauteur absolue, égale à celle que donnent les opérations trigonométriques		2374.646

La formule de Trembley a donné également la hauteur juste, et le pic de Montaigu peut être regardé comme ayant 2375 mètres ou 1219 toises au-dessus du niveau de la mer.

(*) Depuis que ceci est écrit, nos bases verticales ont pris beaucoup de faveur. Il en a été question dans presque tous les ouvrages subséquens ; et nous devons à M. de Lindenau, des Tables pour déterminer la distance horizontale de deux lieux, au moyen de leur élévation relative et de l'angle apparent de hauteur. (Tables barométriques, n°. XII et XIII.) Au reste, tandis que j'essayais cette méthode, M. de Humboldt l'employait de son côté, et bien plus en grand, pour opérer la jonction de Mexico avec le port de la Vera-Crux, sur une distance de plus de trente myriamètres (Nivellement barométrique, pag. 92).

En dernier résultat, sur huit observations faites avec des soins particuliers, la formule de M. Laplace, avec le nouveau coefficient 18393, a été juste cinq fois, et celle de Trembley ne l'a été que deux. Or, dans ces huit observations, la chaleur moyenne a varié de 8°375 à 19°53 de l'échelle centigrade, et nous sommes en conséquence autorisés à conclure que la formule de M. Laplace a une marche plus égale et moins dépendante de la diversité des températures. On a cru reconnoître, en effet, que la formule de Trembley donne les hauteurs trop fortes aux températures élevées, et trop faibles dans les circonstances contraires, et c'est précisément ce défaut que M. Laplace corrige, par une appréciation plus modérée du rapport existant entre les degrés de l'échelle thermométrique et les dilatations correspondantes de l'air.

La formule de Schuckborough a une marche totalement opposée à celle de la formule de Trembley, et plus analogue à celle de la formule de M. Laplace, mais peut-être avec excès en faveur des basses températures. Je parle de la formule où ce savant, plaçant son terme fixe à 11°75 de l'échelle de Réaumur, conserve d'ailleurs le coefficient 215 de M. Deluc. Les deux formules, celle de Schuckborough et celle de Laplace, se rencontrent aux températures les plus élevées; elles sont au *maximum* de divergence dans les plus basses températures où la première donne les hauteurs un peu plus fortes que ne fait la seconde, et par conséquent considérablement plus fortes que celle de Trembley.

La formule de Kirwan est une espèce de traduction en mesures anglaises de la formule de Trembley, qu'elle suit toujours de très-près par la combinaison d'un point fixe un peu plus élevé et d'un coefficient un peu plus fort. Cependant elle tendrait par sa nature à en exagérer le défaut, en donnant les hauteurs encore plus faibles dans les basses températures,

si une partie de ce défaut n'étoit irrégulièrement compensée par la petitesse de la correction que son auteur emploie pour la température du mercure. Celle-ci n'équivaut qu'à environ $\frac{1}{6020}$ pour chaque degré de l'échelle centigrade, à partir du terme de la congélation. La marche de cette formule est donc inverse de la marche de celle de Schuckborough ; elle se rencontre assez exactement avec la formule de Trembley dans les hautes températures, et avec celle de Laplace dans les températures moyennes.

La formule du colonel Roy, qui a pour terme fixe 11°25 de la division de Réaumur, nous est connue avec trois coefficiens différens. Suivant feu Lemonnier, qui a été suivi par le père Chrysologue, le coefficient est 0,00241 pour le thermomètre de Fahrenheit, ou $\frac{1}{184.4}$ pour celui de Réaumur. Selon Pictet, il seroit 0.00251 pour l'échelle de Fahrenheit, ou à peu près $\frac{1}{178}$ pour celle de Réaumur. Enfin Saussure lui attribue un coefficient bien différent, puisqu'il le porte à $\frac{1}{169}$. Ces trois coefficiens sont tels, qu'on doit s'attendre à beaucoup de désordre dans les observations faites à des températures un peu éloiguées de la moyenne. En effet, il n'y a que le plus modéré des trois que j'aie pu employer avec quelque succès, et encore favorise-t-il plus que celui de Kirwan même les hautes températures aux dépens des basses ; ce qui résulte déjà de la position du terme fixe, à compter duquel le coefficient intervient dans le calcul.

On voit ainsi deux marches opposées dans les formules que je viens d'examiner, l'une en faveur des basses températures, l'autre en faveur des températures élevées, et l'on en pourra conclure que le choix entre elles n'est rien moins qu'indifférent, quand il s'agit de calculer des observations où la chaleur moyenne de la colonne d'air est un peu en delà ou en deçà des limites ordinaires ; car les deux systèmes vont en divergeant si rapidement, que l'écart entre les résultats des diverses formules

peut aller jusqu'à $\frac{1}{70}$ de la hauteur mesurée. Heureusement ces cas ne se présentent pas souvent; et comme ce sont les températures moyennes qui ont fourni le plus grand nombre d'observations, c'est dans ces températures que toutes les formules se rapprochent et s'accordent. Je donnerai pour exemple de cette concordance la détermination de la prodigieuse hauteur que Gay-Lussac a atteinte dans son ascension aérostatique.

Aérostat de Gay-Lussac.

Température moyenne, 10°625 du thermomètre centigrade.

		Mètres.
Formule de M. Laplace, coefficient 18393		6977.63
—— de Kirwan		6979.21
—— de Trembley		6981.31
—— du colonel Roy.	Selon Saussure	6976.73
	Selon Pictet	6981.98
	Selon Lemonnier	6986.37
—— de Deluc, avec l'addition de Schuckborough		6984.80
—— de Schuckborough lui-même		6984.82
Moyenne		6981.62

Voilà huit calculs différens dont les extrêmes sont renfermés dans l'espace de neuf à dix mètres, qui ne constituent que la sept cent vingt-quatrième partie de la hauteur mesurée; et si nos formules marchaient toujours avec cet accord, il y aurait bien peu de raisons de préférence pour l'une ou pour l'autre, puisque dans le petit espace qu'elles laissent entre elles, il serait à peu près impossible de distinguer ce qui appartiendroit à l'erreur de la formule, de ce qui appartiendrait à l'erreur de l'observation. Mais un autre tableau va présenter un spectacle tout différent. On y verra la manière dont ces mêmes formules s'écartent et se rapprochent aux diverses températures. Je n'ai besoin pour cela que de parcourir une assez petite portion de l'échelle du thermomètre,

et il me suffit d'appliquer les diverses formules aux observations que j'ai rapportées ci-dessus.

Chaleur moyenne.	Laplace.	Trembley.	Kirwan.	Schuckborough.	Col. Roy, coeff. 184.4	Différence
	Pic du Midi. — Hauteur, 2613 mètres.					
19°53	2603.78	2614.12	2614.0	2605.30	2619.85	16.07
17°895	2613.66	2622.47	2621.84	2615.41	2627.53	13.87
13°438	2613.97	2618.26	2616.52	2616.30	2621.40	7.43
11°563	2612.91	2615.35	2613.72	2615.60	2617.70	4.79
	Pic d'Eyré. — Hauteur, 2147 mètres.					
16°125	2137.45	2143.20	2142.30	2138.98	2146.70	9.25
	Pic de Bergons. — Hauteur, 1791 mètres.					
16°25	1790.90	1795.82	1795.15	1792.26	1798.81	7.91
	Pic de Montaigu. — Hauteur, 2053 mètres.					
9°063	2054.27	2053.91	2052.95	2056.70	2054.80	3.75
8°375	2050.80	2050.10	2049.06	2053.26	2050,77	4.20

Des trois coefficiens attribués à la formule du colonel Roy, je n'ai employé ici que le plus modéré, celui qui occasionne le moins d'écarts aux températures extrêmes, et cependant cette formule ainsi traitée joue déjà un grand rôle dans la divergence des résultats. C'est vers le dixième degré de chaleur moyenne que les formules se rapprochent le plus, et de là vient l'accord remarquable qu'elles ont montré dans le calcul de la hauteur où Gay-Lussac s'est élevé. Autour de ce point elles se croisent, les unes un peu plus haut, les autres un peu plus bas, de manière à se placer tour à tour aux extrémités et au milieu du petit intervalle qui les sépare : mais

bientôt elles se démêlent et divergent rapidement, puisqu'à 19°53 il y a déjà $\frac{1}{160}$ de différence entre les résultats que donne la formule de M. Laplace et ceux que l'on obtient de la formule du colonel Roy. L'écartement est encore plus considérable et plus prompt dans les températures inférieures; et si ce tableau était prolongé dans ce sens, on y verrait le colonel Roy et Schuckborough aux extrêmes, et la formule de M. Laplace faire entre eux les fonctions de moyenne. Mais ce que ce tableau met dans tout son jour, c'est l'égalité de marche de cette dernière formule qui, à toutes les températures, s'est tenue toujours au plus près de la hauteur vraie, hormis dans deux cas où elle est suffisamment disculpée, soit par l'incertitude de la mesure géométrique, soit par l'incertitude de l'observation.

SECONDE PARTIE.

Correction pour la diminution de la pesanteur dans le sens de la latitude, introduite dans le calcul des observations faites au Mexique.

Il était intéressant d'essayer les formules dans d'autres climats et à des latitudes fort différentes des nôtres. M. de Humboldt vient de nous en fournir l'occasion. Ce savant et infatigable voyageur, à qui toutes les sciences physiques doivent déjà un si vaste accroissement de domaines, a apporté à la météorologie le tribut d'une multitude d'observations barométriques faites aux latitudes voisines de l'équateur et sur les montagnes les plus élevées du monde. Un grand nombre de ces observations n'a pu être appuyé de mesures géométriques. Il a bien voulu nous en communiquer plusieurs qui remplissent cette condition.

Ici, pour procéder avec exactitude, il fallait avoir égard à

la diminution de la pesanteur, indiquée par le raccourcissement du pendule, et introduire dans notre formule une correction proportionnelle à l'effet de cette cause. Mes observations ont été faites vers le 43ᵉ degré de latitude; mais nous pouvons sans erreur supposer la formule établie pour le 45ᵉ degré; 1°. parce que la correction est ici si petite que, pour des distances aussi médiocres, on peut la considérer comme nulle; 2°. parce que le nouveau coefficient ne paraissant pas disposé à pécher par excès, son emploi au 45ᵉ degré est parfaitement compatible avec la très-légère augmentation qui résulterait de l'usage de la correction. En effet, dans la supposition que la formule est juste au 45ᵉ degré, tout se réduit à multiplier la hauteur déduite par la fraction

$$\frac{552.4}{551.4 + 2.\ \sin.^2\ latitude}$$

ou, ce qui est plus expéditif et plus commode, augmenter cette hauteur de son produit par les 28371 dix-millionièmes du cosinus du double de la latitude (*Mécan. céleste*, liv. X): c'est environ un demi-mètre à ajouter aux hauteurs les plus grandes que j'aie calculées dans les Pyrénées, et sept à huit pour les mêmes hauteurs mesurées à l'équateur. On ne tient compte de pareilles quantités que parce qu'il ne faut rien négliger quand on interroge la nature.

PREMIÈRE OBSERVATION. — *Profondeur de la mine de la Valenciana, près de Goanaxoata, au Mexique.*

Latitude 21°1′ — moyenne température 27°5 de l'échelle centigrade.

		Mètres.
Mesure géométrique		524.09
Mesure barométrique	530.38	531.50
Pour la latitude	1.12	
Différence en plus		+ 7.41

DEUXIÈME

Deuxième observation. — *Profondeur de la mine de Rajas, près de Goanaxoata, au Mexique.*

Latitude 21° 1′ — moyenne température 28°1875.

Mesure géométrique			275.92
Mesure barométrique	271.11	271.69	
Pour la latitude	0.58		
Différence en moins			— 4.23

Troisième observation. — *Profondeur de la mine de Villalpando, au Mexique.*

Latitude 21° 3′ — moyenne température 26°0625.

Mesure géométrique			173.85
Mesure barométrique	166.88	167.24	
Pour la latitude	0.36		
Différence en moins			— 6.61

Quatrième observation. — *Profondeur de la mine de Animas, près de Goanaxoata, au Mexique.*

Latitude 21° — température moyenne 25°

Mesure géométrique			137.40
Mesure barométrique	131.88	132.16	
Pour la latitude	0.28		
Différence en moins			— 5.24

Cinquième observation. — *Profondeur de la Mine de Moran, au Mexique.*

Latitude 20° 10′ — température moyenne 18°9375.

Mesure géométrique			111.10
Mesure barométrique	114.04	114.29	
Pour la latitude	0.25		
Différence en plus			+ 3.19

Sixième observation. — *Élévation du rocher du Moine au volcan de Popocatepetl, au-dessus de la ville de Mexico.*

Latitude 19° 0′ 38″ boréale — température moyenne 10°625.

Mesure géométrique			2759.83
Mesure barométrique	2725.97	2732.07	
Pour la latitude	6.10		
Différence en moins			— 27.76

Septième observation. — *Élévation de la mine de Rucu-Pinchincha, au-dessus de Quito.*

Latitude 0° 14′ australe — température moyenne 11°875.

Mesure géométrique		2016.23
Mesure barométrique	1958.95	1964.52
Pour la latitude	5.57	
Différence en moins		— 51.71

Huitième observation. — *Élévation de Quito, au-dessus de la mer du Sud.*

Latitude 0° — température moyenne 19°375.

Nota. Cette obervation est fondée sur des moyennes du baromètre et du thermomètre.

Mesure géométrique de M. de la Condamine		2845.6
Mesure barométrique	2877.3	2885.5
Pour la latitude	8.2	
Différence en plus		+ 39.9

Ces résultats paraissent fort différens des nôtres par leur divergence, et il y a lieu de s'étonner qu'ils aient moins d'uniformité dans des climats où le baromètre varie à peine, qu'ils n'en ont dans nos contrées où il oscille sans cesse au gré des vicissitudes du temps. Quelques considérations, cependant, peuvent diminuer à nos yeux la valeur de ces différences.

Et d'abord j'observe que M. de Humboldt n'ayant pas, comme nous, le projet de vérifier les formules, n'a pas cru devoir pousser la précision aussi loin, en mesurant la colonne de mercure. Il ne la donne qu'en dixièmes de ligne. Or, un dixième de ligne correspond à une couche d'air de 3 mètres d'épaisseur, ce qui est une quantité notable dans la mesure des petites hauteurs. Je ne me suis jamais contenté à moins des vingtièmes de millimètre, et nous avons presque toujours employé, M. Dangos et moi, des divisions qui donnaient directement ou indirectement les centièmes de ligne.

Je n'ai pas besoin d'ajouter que nos instrumens étoient construits de façon à nous fournir, dans le niveau du bain de

mercure, un point de départ exempt de toute ambiguité, et que nous ne risquions pas, comme il arrive trop souvent avec les baromètres portatifs ordinaires, de perdre à une extrémité par l'inexactitude de l'estime, plus que nous ne pouvions gagner à l'autre par l'exactitude de la division.

Si les observations de M. de Humboldt ont été affectées de quelques causes d'erreur, c'est surtout dans les cinq premières qu'elles ont dû se rendre sensibles, parce que ces observations ont été faites sur de petites colonnes d'air, et que l'influence des erreurs s'agrandit à proportion que les hauteurs mesurées diminuent. D'ailleurs elles ont été faites à la surface de la terre; et c'est là que les actions perturbatrices déploient particulièrement leur énergie. Enfin, elles ont été faites dans des mines où le baromètre et le thermomètre ont pu être troublés dans leur marche, l'un par des courans verticaux, l'autre par des causes accidentelles et locales de froid et de chaud. Ce n'est point dans de pareils lieux et dans de pareilles circonstances que les formules peuvent être essayées. Toutes celles que j'ai appliquées à ces cinq observations, m'ont montré, chacune à leur manière, les mêmes anomalies.

La sixième observation n'appartient point à M. de Humboldt. M. de Sonnenschmid qui l'a faite, ne paroît pas avoir employé le thermomètre de correction pour la température du mercure, négligence capable de causer des erreurs assez fortes, et dans laquelle M. de Humboldt n'est jamais tombé. Au reste, l'erreur n'est ici que d'un centième, et il est juste de la partager entre la mesure barométrique et la mesure géométrique.

La huitième observation paraît atteinte d'une erreur plus grave; mais il y a apparence qu'elle doit être imputée entièrement à la mesure géométrique, s'il est vrai, comme le présume M. de Humboldt, que M. de la Condamine se soit

trompé de 25 mètres au moins sur l'élévation de l'île de l'*Inca ;* à quoi il faut ajouter une seconde source d'erreur, savoir, la petitesse de l'angle sous lequel cet illustre académicien a vu *Ilinissa.* M. de Humboldt estime à 20 ou 30 toises la quantité dont la mesure prise par M. de la Condamine est en défaut. Ici donc le baromètre aurait donné la hauteur juste.

Il ne reste que la septième observation où nous ne saurions soupçonner de quel côté est l'erreur, parce que nous n'en connaissons pas suffisamment les circonstances. Mais en considérant dans leur ensemble tous ces résultats que nous venons d'examiner séparément, nous y voyons les erreurs tantôt en plus et tantôt en moins, en sorte que la formule de M. Laplace y a suffisamment rempli les conditions d'une bonne règle ; et si l'on prend successivement la moyenne des erreurs en excès et la moyenne des erreurs en défaut, on les verra se compenser à six millièmes près, lesquels étant partagés entre l'observation barométrique, la mesure géométrique et la formule, se réduiront à un cinq-centième pour la part imputable à chacune.

On ne gagnerait rien ici à employer la formule de Trembley. Pour les observations 6e et 7e, elle donne la même hauteur à peu près, parce que ces observations ont été faites à une température peu élevée. La température de la huitième observation est plus haute : la différence en plus est augmentée par la formule de Trembley. Les cinq premières observations ont été faites de même à de hautes températures : cette formule exagère les erreurs en excès et atténue les erreurs en défaut. Enfin ces erreurs ayant été compensées les unes par les autres, comme nous l'avons fait pour la formule de M. Laplace, le dernier résultat de celle-ci est une petite erreur en plus, comme le dernier résultat de celle-là a été une petite erreur en moins.

Je crois donc que les expériences d'Amérique tendent jus-

qu'à présent à confirmer la convenance du coefficient que mes observations des Pyrénées m'ont donné. S'il doit subir ultérieurement quelque modification, soit dans son intégrité, soit dans la partie qui correspond à la dilatation thermométrique de l'air, cette modification sera probablement légère, et ne pourra être déterminée que par des observations très-nombreuses et beaucoup plus exactes que celles que l'on fait communément. Il est à désirer qu'elles se multiplient beaucoup, non seulement en divers lieux, mais encore dans le même lieu sur une colonne d'air de hauteur bien déterminée. J'ai mesuré jusqu'à deux cents fois la même élévation, et j'ai calculé séparément chaque observation, en notant exactement toutes les circonstances météorologiques qui me semblaient de nature à influer sur le résultat. C'est le seul moyen de démêler les causes perturbatrices et d'assigner à chacune sa valeur; et rien n'est plus propre soit à répandre du jour sur les variations de l'atmosphère, soit à éclairer le physicien sur les conditions que requiert une bonne observation.

TROISIÈME PARTIE.

Réduction du coefficient au niveau de la mer, pour la correction de la diminution de la pesanteur dans le sens vertical.

Une fois que l'on eut trouvé dans le baromètre une balance propre à peser l'atmosphère, il était assez simple que l'on conçût l'espérance d'appliquer cet instrument à la mesure des hauteurs terrestres; mais il n'était pas aisé d'imaginer combien ce petit problême renfermait de conditions.

De ces conditions, la première était de déterminer la loi suivant laquelle, à mesure qu'on s'élève, des couches d'air d'égale épaisseur décroissent en densité. La théorie démontra que *lorsque les hauteurs au-dessus de la première station*

croissent en proportion arithmétique, les élévations du mercure décroissent en proportion géométrique ; et l'on en tira la conclusion que *la différence du niveau est proportionnelle à la différence des logarithmes des hauteurs du mercure.* Cela posé, il ne s'agissait plus que de trouver le coefficient de cette différence, et au défaut de l'expérience, on eut recours à l'observation qui donna une quantité nécessairement très-complexe, dont nous sommes occupés jusqu'à ce jour à débrouiller les élémens.

Il semblait facile d'y apprécier l'influence que la chaleur exerce sur les dilatations de l'air, et cependant rien de plus différent que les jugemens qu'en ont portés les plus habiles physiciens. Selon Kirwan, cette dilatation est $\frac{1}{222.222}$ pour chaque degré du thermomètre centigrade, à compter du terme de la congélation. Pour Schuckboroug, elle n'est que de $\frac{1}{234.56}$. Les autres s'arrêtent à des appréciations intermédiaires, et M. Laplace, qui a adopté dans sa formule un des rapports les plus modérés, demeure encore fort au-dessus de celui que donne l'expérience; car Gay-Lussac vient de le fixer à $\frac{1}{266.666}$ seulement. Mais Gay-Lussac a agi sur de l'air parfaitement desséché, et toutes les observations ont été faites sur l'air atmosphérique dans son état d'humidité habituelle. Les quantités relatives de cette humidité, sont incontestablement au nombre des circonstances qui ont le plus influé sur des déterminations aussi différentes, et nous ne connaîtrons exactement la quantité dont le coefficient de l'air sec doit être augmenté à raison des divers degrés d'humidité, que lorsque nous nous serons rendus parfaitement maîtres des instrumens qui la mesurent, et que nous les aurons long-temps associés à l'usage du baromètre et du thermomètre.

Mais d'autres causes, jusqu'à présent inconnues ou inappréciées, influent peut-être encore sur les dilatations de l'air atmosphérique; et, par exemple, toutes les observations que

j'ai faites dans des temps orageux, m'ont constamment donné des hauteurs beaucoup trop petites, quelque calme qu'il régnât alors dans l'atmosphère, quelque vent qu'il soufflât, et dans quelque position que les deux baromètres correspondans se trouvassent à l'égard du foyer de l'orage. Certes, les vagues explications que l'on tirerait du seul trouble de l'atmosphère, ne paraîtront guère propres à rendre raison d'erreurs faites toujours dans le même sens. D'un autre côté, les expériences de Biot ont démontré que l'électrisation de l'air n'en augmente point les dilatations. Quelle est donc cette circonstance des orages qui raréfie l'air dans une plus forte proportion que ne ferait la seule température ? et si l'électromètre ne manque jamais de m'indiquer cet effet, ne viendra-t-il pas un temps où il pourra servir à nous en donner la mesure ?

Un autre élément, jusqu'à présent négligé, était partie intégrante des coefficiens adoptés, savoir, la diminution de la pesanteur en allant des pôles à l'équateur. M. Laplace l'a démêlé et l'a soumis au calcul. Nous l'avons donc employé pour la détermination des hauteurs barométriquement mesurées au Mexique. Mais la pesanteur diminue de même à mesure que du niveau de la mer on s'élève dans les régions supérieures; et nos coefficiens, tous déterminés à une certaine hauteur, se trouvaient enflés d'une quantité proportionnelle à cette hauteur. Le coefficient 18393, que nous avions précédemment adopté, devait donc être ramené au niveau de la mer; opération facile, une fois que nous connaissions la loi de la diminution de la pesanteur, ainsi que la latitude et l'élévation des montagnes où ce coefficient avait été déterminé. La correction que ces diverses circonstances exigeaient, était à peu près $\frac{1}{323}$, en sorte que notre coefficient est maintenant réduit à 18336 mètres pour la latitude de 45° nonagésimaux, au niveau de l'Océan et à la température de la glace fondante;

et la détermination d'une hauteur à l'aide du baromètre, se compose actuellement des quatre opérations suivantes.

1°. Prendre la différence des logarithmes de la hauteur de deux baromètres, après les avoir ramenés à la même température, ce qui s'exécute avec une justesse suffisante, en augmentant la hauteur de la colonne de mercure, dans la station la plus froide, d'autant de 5412es qu'il y a de degrés de différence entre les deux thermomètres de correction.

2°. Multiplier la différence des logarithmes, par le coefficient 18336 augmenté ou diminué d'autant de fois sa deux-cent-cinquantième partie qu'il y a de degrés au-dessus ou au-dessous de zéro dans la température moyenne des deux stations, ou, ce qui revient au même, d'autant de millièmes qu'il y a de degrés dans la double somme des deux thermomètres destinés à indiquer la température de l'air aux deux stations.

3°. Corriger la variation de la pesanteur, dans le sens du méridien terrestre, en multipliant ou divisant la hauteur déduite, selon qu'elle est située en-deçà ou en-delà du 45e degré, par la fraction

$$\frac{352.4}{351.4 + 2.\ \sin^2.\ latitude}$$

ou bien ajouter à cette hauteur, dans le premier cas, et en soustraire dans le second, son produit par les 28371 dix-millioniémes du cosinus du double de la latitude (*).

4°. Tenir compte de la diminution de la pesanteur dans le sens vertical, en ajoutant à la hauteur corrigée de l'effet de la latitude, le produit du coefficient corrigé de l'effet de la température et de celui de la latitude, par la différence originaire des logarithmes augmentée du nombre 0,868589, et

(*) Dans le mémoire original, j'avais mis 2845 millioniémes. Je corrige ici cette faute, d'après l'observation très-juste de M. Oltmanus. Plusieurs autres l'avaient commise avec moi.

divisée

divisée par 6366198, qui représente en mètres le rayon du globe terrestre.

Telle est la traduction de la nouvelle formule que M. Laplace publie en ce moment dans le livre X de sa *Mécanique céleste.* On conçoit aisément que si le calcul devait suivre la marche et les développemens du raisonnement, il deviendrait trop long pour ne point fatiguer l'attention de celui qui serait obligé de calculer de suite un certain nombre de hauteurs.

Notre confrère Prony s'est occupé du soin de l'abréger, et il y est parvenu en rejetant quelques petits produits qui n'influent sur le résultat que d'une quantité médiocre. Son procédé consiste principalement à négliger, dans la troisième et la quatrième opération, les additions successives que le coefficient reçoit de la correction de la température et de celle de la latitude. Ses résultats sont très-voisins de ceux que l'on se procure à l'aide du calcul rigoureux, et les types qu'il vient de publier, ont l'avantage d'offrir séparément toutes les quantités qui concourent à la détermination de la hauteur.

Cependant l'exactitude absolue pouvait être à regretter dans des opérations où les incertitudes de l'observation, l'imperfection des instrumens et l'insuffisance même des règles, introduisent déjà tant d'erreurs inévitables, et j'ai essayé à mon tour de trouver une marche qui conciliât l'exactitude rigoureuse et la briéveté. On en trouvera le type à la fin de ce mémoire, sous le n° I, et l'on pourra le suivre quand il importera d'obtenir les résultats de la formule dans toute leur pureté.

Enfin, s'il ne s'agit que d'accélérer et de simplifier le calcul, le procédé le plus expéditif sera encore de négliger la correction de la diminution de la pesanteur dans le sens vertical, en revenant à l'ancien coefficient 18393, qui renferme déjà cette correction pour les hauteurs d'environ 3000 mètres; car l'erreur qu'il occasionnera, soit au-dessus, soit au-dessous

de ce terme, sera toujours l'une des moindres que l'on puisse commettre en s'écartant des conditions de la nouvelle formule.

On en sera convaincu par la seule inspection du tableau ci-dessous, où l'on trouve le résultat des trois calculs essayés sur quatorze hauteurs, graduées depuis les plus grandes jusqu'aux plus petites. J'y joins l'indication de la latitude et celle de la température moyenne à laquelle les observations ont été faites, en prévenant que la correction de la latitude a été introduite dans toutes les hauteurs que renferme la colonne du coefficient 18393; ce qui explique la petite différence que l'on pourroit remarquer entre quelques-unes de ces hauteurs et celles que j'ai précédemment données sans avoir égard à cette correction.

	Latitude.	Chaleur moyenne.	Coefficient 18336, calc. exact.	Coefficient 18336, calcul de Prony.	Coefficient 18393, avec correction de la latitude.
Aérostat de Gay-Lussac, au-dessus de Paris.	48° 51′	10°625	6979.09	6977.16	6974.97
Station de Humboldt au Chimboraço, au-dessus de la mer du Sud (1)	1° 45′	11.85	5877.04	5874.32	5874.47
Pic de Ténériffe, au-dessus d'Orotova, Obs. de Cordier. .	28° 0′	16.625	3729.08	3727.11	3728.59
Calxi, au-dessus de la mer du sud . . .	1° 45′	20.225	3178.50	3176.36	3178.23
Station de Humboldt au Chimboraço, au-dessus de Calxi . .	1° 45′	6.70	2725.35	2724.68	2725.64

(1) Les hauteurs du Chimboraço sont ici trop foibles de 2^m, pour avoir été calculées sur de premières données que M. de Humboldt a rectifiées depuis. *Voyez* ci-après le type de calcul.

	Latitude.	Chaleur moyenne.	Coefficient 18336, calc. exact.	Coefficient 18336, calcul de Prony.	Coefficient 18393, avec correction de la latitude.
Pic du Midi, au-dessus de Tarbes. Obs. du 6e jour complémentaire an 11. . .	43° 0′	13.489	2614.33	2613.51	2614.49
Id. Obs. du 25 fruct. an 11.	43° 0′	17.89	2614.13	2613.05	2614.18
Id. Obs. du 4 vend. an 12.	43° 0′	11.563	2613.22	2612.51	2613.43
Pic d'Eyré, au-dessus de Tarbes. . . .	43° 0′	16.125	2137.54	2136.75	2137.88
Pic de Montaigu, au-dessus de Tarbes. .	43° 0′	8.813	2054.27	2053.86	2054.69
Id.	43° 0′	8.375	2050.79	2050.39	2051.21
Pic de Bergons, au-dessus de Tarbes. .	43° 0′	16.5	1791.00	1790.35	1791.26
Lhérins, au-dessus de Tarbes.	43° 0′	13.125	1273.63	1273.41	1273.87
Profondeur de la mine de Rajas, au Mexique.	21° 7′	28.44	271.62	271.41	271.69

Il résulte de cette comparaison que les deux calculs approximatifs s'éloignent si peu du calcul exact, que la plus grande différence entre leurs résultats respectifs est de 3 à 4 mètres pour les plus grandes hauteurs et pour les latitudes les plus distantes du quarante-cinquième parallèle.

Il en résulte encore, ce qu'il était aisé de prévoir d'avance, que l'erreur de nos calculs approximatifs est irrégulièrement variable, parce qu'elle dépend à la fois de la température et de la latitude; en sorte que cette erreur sera plus ou moins en excès ou en défaut, selon que la moyenne température

sera au-dessus ou au-dessous du terme de la congélation, et la latitude au delà ou en deçà du 45e degré.

Il en résulte enfin que l'erreur du coefficient 18393 est presque toujours la moindre des deux, et que mon calcul, déjà plus expéditif que celui de M. de Prony, l'emporte encore en exactitude dans tous les cas ordinaires.

Et ce qui atténue encore la valeur de ces erreurs déjà si légères, c'est que le calcul exact de la variation de la pesanteur ne peut lui-même les prévenir toutes. Il suppose le baromètre inférieur au niveau de la mer, ce qui n'arrive presque jamais quand on mesure des montagnes; en sorte que la correction se trouve trop faible d'une quantité proportionnelle à l'élévation absolue de la station inférieure. Il suppose aussi que la diminution de la pesanteur n'est contrebalancée par aucune puissance contraire, supposition qui n'est rigoureusement applicable qu'à l'aérostat nageant librement dans l'atmosphère. Au haut des montagnes, au contraire, la correction est trop forte de la quantité indéterminée dont l'attraction de leur masse retarde cette diminution.

Entre ces deux causes d'erreur la compensation est incertaine et variable, et l'usage de notre premier coefficient étend de si peu le cercle étroit où elles se trouvent renfermées, que rien ne s'oppose à ce qu'on le préfère pour la mesure des montagnes, puisqu'il a d'ailleurs l'avantage de diminuer de plus de moitié la longueur du calcul, et d'en sauver tous les embarras. J'en donne donc le type sous le n° II, et je l'ai encore abrégé de beaucoup, en calculant, sous le n° III, une table qui donne directement le coefficient corrigé de l'effet de la latitude, pour chaque degré, depuis l'équateur jusqu'aux régions polaires. On pourrait avoir de même des tables toutes calculées pour la correction de la température du mercure et pour celle de la température de l'atmosphère; mais le calcul de ces corrections est déjà réduit à un tel degré de simplicité, qu'on ne

voit pas ce que de pareilles tables pourraient ajouter à sa promptitude et à sa facilité. En suivant ce type de calcul tel qu'il est, tout consiste à chercher quatre ou cinq logarithmes et à en traduire un seul, et l'erreur sur la hauteur totale du Chimboraço est de 2 mètres $\frac{1}{7}$. Pour apprécier cette différence à sa juste valeur, je ne dirai point que l'erreur occasionnée dans le calcul exact par l'attraction de la montagne, suffit peut-être pour la couvrir toute entière; je ne dirai point que l'heure à laquelle une observation est faite, que les circonstances météorologiques qui peuvent la troubler, exposent souvent à des erreurs dix fois plus considérables: mais je me contenterai de faire remarquer que pour répondre d'une couple de mètres dans le calcul d'une hauteur, il faudrait répondre d'un vingt-cinquième de millimètre sur la hauteur réelle des deux baromètres, et d'un dixième de degré sur la température moyenne de l'atmosphère, moyenne qui n'est elle-même que conjecturale. Or, on sent aisément que l'exactitude du calcul ne peut réellement outrepasser les limites où s'arrête l'exactitude de l'observation.

QUATRIEME PARTIE.

Rapports du poids de l'air à celui du mercure, déduits des formules et des expériences connues.

Notre coefficient étant ramené au niveau de la mer et à une latitude déterminée, il était intéressant de connaître ce qu'il nous apprenait sur la densité de l'air atmosphérique comparée à celle du mercure. Il était curieux aussi d'examiner à quel point l'appréciation que nos observations nous fournissaient à cet égard, différait de celle qui résultait des observations de Trembley, de Kirwan, de Schuckboroug. Cette dernière comparaison, au reste, ne pouvait être qu'approximative, parce que nous ne connaissons pas exactement

la latitude et la hauteur auxquelles conviennent précisément les coefficiens que ces physiciens ont adoptés. Faute de cette connaissance, dont la privation relègue actuellement leurs formules dans la classe des règles de conditions indéterminées, j'ai procédé par analogie, et considérant que dans le nombre des observations qui ont été employées à la construction de ces formules, les plus capitales paraissent avoir été faites vers le quarante-cinquième degré de latitude et sur des montagnes assez élevées, j'ai pensé que je ne m'exposerais pas à des erreurs bien considérables, en fesant subir à leurs coefficiens une réduction proportionnelle à celle que j'avais opérée sur le coefficient de M. Laplace. J'ai construit, en conséquence de cette supposition, le tableau suivant, où les élémens des diverses formules sont ramenés à une expression commune, c'est-à-dire au terme de la congélation, au thermomètre centigrade et aux mesures métriques; ce qui procure la facilité de les comparer immédiatement entre elles, et de les calculer tous de la même manière.

	LAPLACE.	TREMBLEY.	KIRWAN.	SCHUCKBOROUGH.
Coefficient ordinaire à 0° et 45° de latitude.	Mètres. 18393	18322.976	18287.83	18425.188
Coefficient ramené au niveau de la mer.	18336	18266.193	18231.156	18368.088
Facteur de la température de l'air.	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{225.685}$	$\frac{1}{222.2222}$	$\frac{1}{234.0685}$
Dilatation du mercure à compter de 0°	$\frac{1}{5412}$	$\frac{1}{5400}$	$\frac{1}{6080}$	$\frac{1}{5400}$

D'après ces données, il est aisé de juger de la marche des diverses formules, et il n'est pas plus difficile, en fesant usage

de la règle établie par notre confrère Biot, page 142 de son *Traité élémentaire d'astronomie*, d'en déduire les rapports de l'air au mercure à différentes températures et à diverses pressions de l'atmosphère.

Or, en choisissant ceux qui peuvent nous servir à d'ultérieures comparaisons, je trouve que les quatre formules donnent les rapports suivans :

	Chaleur.	LAPLACE.	TREMBLEY.	KIRWAN.	SCHUCKBOROUGH.
A la pression de $0^{m}760$ de mercure. . .	0°	1 : 10477.924	1 : 10438.036	1 : 10418.01	1 : 10496.26
A la pression de $0^{m}758$ de mercure. . .	0°	1 : 10505.57	1 : 10465.57	1 : 10445.57	1 : 10523.95
Id.	12° 5	1 : 11030.85	1 : 11045.379	1 : 11033.06	1 : 11053.25
Id.	17° 5	1 : 11240.963	1 : 11277.30	1 : 11268.08	1 : 11248.84

J'ai insisté plus particulièrement sur les rapports établis à la pression de $0^{m}758$ de mercure, et j'ai choisi de préférence les températures de 12°5 et 17°5 de l'échelle centigrade, parce que c'est à cette pression et à ces températures que les expériences directes nous donnent quelque chose sur le poids relatif de l'air et du mercure, et qu'il est à propos de comparer entre eux les résultats de l'expérience et de l'observation.

Or, Brisson a déterminé la pesanteur spécifique du mercure à 14° du thermomètre commun ou 17°5 du thermomètre centigrade, et il l'a trouvée de 13.5681, le poids de l'eau à la même température étant exprimé par l'unité.

De plus, le même physicien, dans son *Instruction sur les poids et mesures*, a rapporté, d'après les meilleures expé-

riences, la pesanteur de l'air atmosphérique à 10° du thermomètre ordinaire, et celles de l'eau à diverses températures, de 5 en 5° du même thermomètre.

Un décimètre cube d'air, à la pression de 0m758 et à la température de 12°5 centésimaux, pèse, selon lui.... 1gr2319025

Le même volume d'eau, à la même température, et pesé dans l'air. 998gr064125

Donc le poids de ce décimètre d'eau pesé dans le vide, serait 999gr2960275

D'un autre côté, un décimètre cube d'eau, à la température de 15° du thermomètre ordinaire, ou 18°75 du thermomètre centigrade, pèse dans l'air, à la même température, 997.445669 grammes. Ainsi, en passant de 10 à 15° du thermomètre ordinaire, l'eau a perdu $\frac{1}{1614.3222}$ de son poids; et quoique ses dilatations soient très-variables, comme ces variations diminuent à mesure que l'eau s'éloigne du *maximum* de sa densité, on est en droit de supposer que de 15 à 14° la condensation est à très-peu de chose près proportionnelle à la variation de 10 à 15°. Dans cette supposition, le décimètre cube d'eau à la température de 17.5 du thermomètre centigrade, pèserait dans l'air à la même température . . . . 997gr569444.

Voilà tout ce que nous apprennent les expériences qui nous sont connues. Il en résulte, d'une part, qu'à la pression de 0m758 de mercure, et à la température de 12°5 du thermomètre centigrade, le poids de l'air commun est à celui de l'eau pesée dans le vide comme 1 est à 811.1814; il en résulte, de l'autre part, que le mercure à la température de 17°5 pèse 13535gr12.

Or, ces rapports étant à 5° centésimaux l'un de l'autre, ne peuvent être rapprochés qu'en fesant usage de ce que nous savons touchant les dilatations du mercure et de l'air: savoir, en ramenant le mercure à 12°5, ou en portant l'air à 17°5; mais les auteurs des quatre formules analysées ci-dessus n'étant point

point d'accord sur la loi de ces dilatations, nous allons présenter les divers résultats que chacun d'eux tirerait des expériences alléguées.

	Chaleur.	Laplace.	Trembley.	Kirwan.	Schuckborough.
A la pression 0^m758. . . .	12° 5	1 : 11010.86	1 : 11010.883	1 : 11009.85	1 : 11010.883
A la même pression. . .	17° 5	1 : 11214.128	1 : 11236.39	1 : 11239.88	1 : 11210.765

De ces divers rapports, ceux qui correspondent à la température 12°5 sont ceux qui méritent le plus de confiance, parce qu'ils ne participent point comme les autres à l'incertitude qui règne encore sur la loi des dilatations de l'air; mais il faut exclure de ces rapports celui que donne la formule de Kirwan, qui estime beaucoup trop bas la dilatation du mercure, puisqu'il ne la porte qu'à environ un soixantième, depuis la température de la glace fondante jusqu'au terme de l'ébullition de l'eau, estimation condamnée par tous les autres physiciens et par les expériences les plus récentes et les plus exactes.

Or, si nous comparons actuellement ces résultats avec ceux que nous avons obtenus immédiatement des formules, nous verrons que la formule de M. Laplace est encore celle qui se tient le plus près de l'expérience; que la différence admet une explication très-satisfesante par la simple considération des diverses doses d'humidité que peuvent renfermer l'air des montagnes et l'air d'un laboratoire; que cette différence n'étant que d'environ un cinq cent cinquante-deuxième, n'affecterait que d'une dixaine de mètres la hauteur même du Chimboraço, et qu'après tout, les rapports que nous fournit la formule

étant autant de moyennes déduites d'un grand nombre d'observations, et autant de conclusions tirées du grand au petit, sont plus propres à donner du crédit à l'expérience qu'à en recevoir d'elle.

Enfin, de tout ce qui précède, on peut conclure que dans l'état où se trouve cette formule, les mesures prises à l'aide du baromètre peuvent atteindre à une très-grande justesse, toutes les fois qu'elles seront prises avec de bons instrumens, par des observateurs exercés, et dans des circonstances favorables aux observations.

APPENDICE.

N° I.

Calcul exact de la formule avec le coefficient 18336 et la correction de la diminution de la pesanteur dans le sens vertical.

	Baromètre.	Therm. du baromètre.	Thermomètre libre.
Mer du Sud.	337l.79	+ 25.3 centigr.	+ 25.3 centigr.
Chimboraço.	167 .2	+ 10.0	− 1.6
Différence.		15.3	Somme. . . . 23.7
			2 sommes 47.4

Baromètre inférieur. 337l.79 Log.		2.5286468
Baromètre supérieur. 167 .2 Log.	2.2232363	
5412 + Différence des thermomètres de correction = 5427.3. Log.	3.7345838	
L'5412 (Log. constant)	6.2666422	
Baromètre supérieur corrigé.	2.2244623	2.2244623
Différence des logarithmes.		0.3041845

Correction pour la température de l'air.

Différence des logarithmes.	0.3041845. Log.	9.4831371
$\frac{1000 + 2 \text{ sommes des therm.}}{1000} = \frac{1047.4}{1000} = 1.0474$.	Log.	0.0201126
Coefficient. 18336. (Log. constant.).		4.2633046
		3.7665543

Correction pour la latitude 1°45′ nonagésimaux.

Cos. 3°30	9.9991892			
0.0028371 nombre constant. Log.	7.4528746			
	7.4520638	0.0028318		
		+ 1.		
		1.0028318	L. 0.0012281	
Hauteur approchée			3.7677829	Mètres. 5858.445

Diminution de la pesanteur dans le sens vertical.

			Mètres.
Hauteur approchée		3.7677829	5858.445
Différence des logarithmes.	0.3041845		
Nombre constant.	0.868589		
	1.1727735	L. 0.0692142	
L'6366198 (Log. constant)		3.1961199	
Hauteur approchée. Log.		3.7677829	
		0.8008999	
Log. de la différence des logarithmes, à soustraire.		9.4831371	
		1.3177628 +	20.786
Hauteur déduite			5879.231 (*)

N°. II.

Calcul expéditif, en employant le coefficient 18393 pour le 45e degré de latitude, et négligeant la correction de la diminution de la pesanteur dans le sens vertical.

	Baromètre.	Term. du baromètre.		Thermomètre libre.
Mér du Sud.	$337^{l}79$	+ 25.3 centigr.		+ 25.3 centigr.
Chimboraço.	$167^{l}2$	+ 10.0		— 1.6
Différence.		15.3	Somme.	23.7
			2 sommes.	47.4

Barom. inf^{r}. $337^{l}79$ Log.		2.5286468		
Barom. sup.^{r} 167.2 Log.	2.2232363			
$5412 + 15^{o}3 = 5427.3$ Log.	3.7345838			
L'5412 (Log. constant).	6.2666422			
	2.2244623	2.2244623		
Différence des logarithmes		0.3041845	L. 9.4831371	
Latitude 1°45'; coefficient pour 2°, table ci-jointe. .			4.2658800	
$\frac{1000+47.4}{1000}=\frac{1047.4}{1000}=1.0474$ Log.			0.0201126	Mètres.
Hauteur déduite			3.7691297	5876.65.

(*) M. de Humboldt n'avait originairement porté qu'à $337^{l}70$ la hauteur du baromètre au niveau de la mer du Sud; il l'a postérieurement fixée à 337.79, et cette dernière évaloation est celle que j'ai employée ici. De là résolte la différence de deux mètres qu'on pourrait remarquer, en comparant notre calcul actuel à celui qui est consigné dans les mémoires de l'Institut.

N°. III.

Logarithmes des Coefficiens, calculés pour les diverses latitudes, en supposant le coefficient du 45° degré égal à 18393^m, pour suppléer à la correction de la diminution de la pesanteur dans le sens vertical.

Latitude.	Logarithmes.	Latitude.	Logarithmes.	Latitude.	Logarithmes.
0°	4.2658830	27°	4.2653762	53°	4.2643129
1	8822	28	3410	54	2717
2	8800	29	3050	55	2310
3	8763	30	2682	56	1909
4	8710	31	2207	57	1512
5	8643	32	1924	58	1122
6	8561	33	1535	59	0738
7	8465	34	1139	60	0361
8	8354	35	0738	61	4.2639992
9	8228	36	0332	62	9630
10	8089	37	4.2649921	63	9278
11	7935	38	9506	64	8934
12	7768	39	9087	65	8599
13	7586	40	8665	66	8274
14	7392	41	8240	67	7958
15	7184	42	7814	68	7654
16	6963	43	7385	69	7360
17	6729	44	6956	70	7077
18	6483	45	6526	71	6806
19	6225	46	6096	72	6547
20	5955	47	5666	73	6300
21	5673	48	5238	74	6065
22	5380	49	4811	75	5842
23	5047	50	4386	76	5634
24	4763	51	3964	77	5437
25	4439	52	3544	78	5256
26	4105			79	5087

FIN DU PREMIER MÉMOIRE.

SECOND MÉMOIRE,

Lu à l'Institut national le 12 mai 1806;

Imprimé dans les Mémoires de la Classe, 2e. *semestre* 1806, *page* 1 *et suivantes.*

En terminant le dernier mémoire que j'ai eu l'honneur de lire à la classe, j'avais essayé de déduire directement le coefficient du baromètre des expériences faites antérieurement pour déterminer les poids absolus de l'air, de l'eau et du mercure. Les conséquences de cette recherche étaient déjà si favorables aux conclusions que j'avais tirées de l'observation, qu'il semblait difficile de rapprocher davantage des résultats obtenus par des procédés si différens. Cependant de nouvelles expériences, faites avec des précautions tout-à-fait particulières, viennent de combler entièrement le petit intervalle qui séparait encore des quantités si voisines. J'avais trouvé par l'observation 18336 mètres pour le coefficient, à la température de la glace fondante, au niveau de la mer et au 45e degré de latitude. Notre confrère Biot trouve par l'expérience 18334.2 pour le même parallèle. La différence entre nous n'est pas d'un dix-millième: elle est nulle, puisqu'elle est au-dessous des moindres erreurs qui puissent se glisser dans des opérations aussi délicates et aussi compliquées (*).

Je ne me prévaudrai point d'un concert aussi remarquable pour m'attribuer une exactitude inconnue à mes devanciers.

(*) Comme le résultat obtenu par MM. Biot et Arrago a été inexactement rapporté dans des ouvrages de quelque importance, il ne me paraît pas inutile de transcrire ici ce que ces Savans en disent eux-mêmes, page 311 des mémoires de la classe des sciences physiques et mathématiques, premier semestre 1806.

« Avec ces données..... nous avons calculé le rapport des poids du mercure et de l'air » pour la température de la glace fondante et la pressive 0m76. Ce rapport est 10463, relativement à l'air parfaitement sec et pour la latitude de Paris. D'après les formules que M. » Laplace a données dans la mécanique céleste, on peut en déduire le coefficient baro-

Certainement, je ne me flatte pas d'avoir mieux observé que Deluc, Saussure et tant d'autres physiciens illustres; mais j'ai eu le bonheur d'opérer dans des circonstances plus favorables: et tel est ici l'empire des circonstances, que, faute de démêler celles qui conviennent aux observations de ce genre, il serait également impossible à ceux qui voudraient les répéter, soit de s'assurer par eux-mêmes de la justesse de notre coefficient, soit d'apprécier la nature et l'étendue des erreurs qu'ils pourraient commettre en s'écartant des conditions de son emploi.

Je range ces circonstances sous trois chefs: *Influence des heures*, *influence des situations*, *influence des météores*.

§ I. *Des heures.*

J'ai déjà dit que de toutes les causes qui peuvent modifier les résultats, l'influence des diverses parties du jour m'a constamment paru la plus puissante. Il y a long-temps qu'on l'a

---

» métrique, et, en le rapportant au 45e degré de latitude, on le trouve égal à 18316m6 » pour l'air sec, et à 18351m8 pour l'air saturé d'eau; de sorte que la moyenne, qui convient le mieux aux observations barométriques, est 18334m2. Ce coefficient peut se conclure aussi, d'une manière indirecte, par des observations du baromètre faites sur les » montagnes, et comparées à des mesures trigonométriques: plusieurs physiciens ont tenté » de l'obtenir par cette méthode, et sa recherche a été long-temps l'objet des voyages de » MM. Deluc et de Saussure dans les Alpes. En combinant leurs résultats avec des observations exactes et multipliées, faites dans les Pyrénées par lui-même, M. Ramond a porté » ce coefficient à 18336m, au lieu de 18334 que nous donne l'expérience immédiate, et il » a fait voir aussi qu'en l'appliquant à la formule de M. Laplace, elle donne les hauteurs des » montagnes plus exactement que toute autre, et d'une manière extrêmement approchée; » en sorte que l'on peut regarder ce nombre comme le résultat définitif des observations du » baromètre. Nos expériences ne feront que le confirmer sans y apporter aucun changement; » car la petite différence qui existe entre le coefficient de M. Ramond et le nôtre, ne produirait pas la valeur d'un mètre sur la hauteur du Chimboraço. Et si cet accord est une » preuve sensible de l'exactitude de l'observateur et de la juste critique qu'il a mise à balancer des résultats toujours influencés par les modifications variables de l'atmosphère, » il montre bien aussi l'exactitude des formules de réduction dont nous avons fait usage, » et la nécessité d'y introduire toutes les circonstances minutieuses auxquelles nous avons » eu égard; car, en négligeant une seule d'entre elles, on se trouverait jeté fort loin du » résultat véritable que leur concours détermine. »

reconnue

reconnue. Le peu d'usage que l'on a fait de ce premier aperçu prouve assez que l'on n'en a pas bien senti l'importance. Il me suffira, pour la mettre dans tout son jour, de présenter ici les moyennes de cent cinquante observations, prises au hasard dans le grand nombre de celles que j'ai faites durant trois ans dans cette vue.

1°. *Élévation de mon cabinet, à Bagnères, au-dessus de celui de M. Dangos, à Tarbes.*

51 observations, du 14 octobre au 21 décembre 1803.

14 observations de sept heures du matin, moyenne.	251 mètres.
23 observations de midi.	258
7 observations de trois heures du soir.	254
7 observations de neuf heures du soir.	252

2°. *Élévation de mon cabinet, à Barèges, au-dessus de celui de M. Dangos, à Tarbes.*

99 observations, du premier août au 23 novembre 1803.

12 observations de six heures du matin.	915 mètres.
6 observations de huit heures du matin.	924
38 observations de midi.	936
19 observations de quatre heures du soir	921
14 observations de dix heures du soir	907

Sept à huit cents observations de ce genre, toutes calculées séparément, m'ont offert constamment la même marche. Les saisons et les lieux n'y ont apporté de changemens que dans l'étendue de la variation. Au sommet des pics comme en plaine et comme au fond des vallées, celles du matin et du soir ont donné les hauteurs d'autant moindres que le moment où je les fesais était plus éloigné du milieu du jour; cependant ce n'est point l'heure précise de midi qui partage les deux progressions. Les hauteurs déduites continuent à croître encore jusques vers une heure ou deux, plus ou moins; mais la quantité comme la durée de cet accroissement dépendent beau-

coup de la saison, de la présence du soleil et peut-être de la direction des vents. Une petite partie de ces variations horaires pourrait être attribuée à l'état hygrométrique de l'atmosphère, et il ne serait pas difficile d'introduire dans le calcul une correction pour l'humidité; mais la plus forte portion de l'erreur résulte incontestablement d'une cause bien plus puissante et bien moins appréciable, savoir l'influence des vents ascendans et descendans, qui agissent à la fois sur le baromètre et sur le thermomètre, soit en augmentant ou diminuant le poids de la colonne d'air au gré de leur vitesse et de leur direction, soit en apportant des couches supérieures ou inférieures de l'atmosphère une température étrangère au lieu où se fait l'observation. De pareilles perturbations sont essentiellement anomales : aussi diversifiées que les temps, les saisons et les lieux, elles se refusent à toute appréciation, même approximative; il n'y a d'autre ressource que d'éviter les heures où leur intervention est la plus ordinaire. Celles du milieu du jour en sont moins communément affectées, et l'heure de midi a entre elles cet avantage particulier, que les hauteurs qu'elle donne, sont assez exactement moyennes entre celles que fournissent les observations faites dans la limite des trois ou quatre heures qui composent cette petite période d'équilibre.

Ces considérations me paraissent condamner sans retour ces autres moyennes que l'on est dans l'habitude de prendre entre des observations faites pèle-mêle à différentes heures du jour et de la nuit. Au lieu d'approcher du but qu'on se propose, on s'en écarte indéterminément en comparant des résultats qui ne sont nullement comparables. Où il n'y a point de somme, il n'y a point de moyenne : il faut employer le choix avant de se réduire à l'instrument du doute, et réprouver les quantités hétérogènes, pour ne mettre en balance que celles en faveur de qui toutes les présomptions sont égales. Or, puisqu'il est démontré que chaque partie du jour im-

prime aux observations une marche qui lui est propre, on ne gagnera certainement rien à appeler en témoignage les heures où nos formules sont constamment en défaut. C'est enlever des chances à la vérité et en fournir à l'erreur, que de mettre en concours les probabilités de l'une avec la certitude de l'autre. Et, par exemple, s'il est vrai, comme je l'ai avancé et comme Saussure le soupçonnait avant moi, que l'heure de midi donne seule les hauteurs justes, que servait à la mesure du col du Géant de mêler les observations du matin, du soir et de la nuit, à celles du milieu du jour, puisque celles-là n'étaient propres qu'à introduire l'erreur dans une proportion qui dépendait du nombre respectif des unes et des autres, en sorte qu'il pouvait y avoir autant de moyennes différentes qu'il aurait plu à l'observateur d'employer de doses de chacune?

§ II. *Des situations.*

Une autre circonstance est de nature à exercer une puissante influence sur la justesse des mesures prises à l'aide du baromètre; celle-ci a été à peine entrevue et n'a pas été du tout appréciée: c'est le lieu de l'observation. Les baromètres correspondans peuvent être placés dans les plaines, sur des montagnes plus ou moins dominantes ou dominées, dans des vallées plus ou moins étroites et profondes; ils peuvent être tous deux dans la même position, ou bien être chacun dans une position différente. Chacune de ces combinaisons a ses conséquences particulières, et moins elles sont évitables, plus il importe de connaître le sens et l'étendue des erreurs qu'elles peuvent occasionner.

Comme il n'y a réellement qu'une seule heure du jour qui convienne parfaitement aux observations, de même il n'y a en quelque sorte qu'une seule situation qui puisse satisfaire complètement l'observateur: il faudrait que les baromètres pussent

être toujours placés sur des sommets isolés. Plus l'isolement sera complet, moins les influences locales qui dépendent de la présence de la terre, affecteront la portion de l'atmosphère qui environne les instrumens; plus les élévations seront considérables, et plus la somme des accidens qui agissent sur la totalité de la colonne d'air sera petite pour la partie de cette colonne qui est soumise à l'expérience.

Cette dernière considération explique pourquoi les variations du baromètre diminuent communément à mesure que l'on s'élève. J'ai porté neuf fois cet instrument au sommet du Pic du Midi: chaque fois j'y ai fait une suite d'observations. La température y a varié de plus de 12 degrés. J'ai choisi exprès des temps fort différens, et spécialement ceux des plus grandes hausses et des plus grandes baisses du mercure. J'y ai trouvé sa moyenne élévation à 543 millimètres, et les extrêmes de la variation ont été renfermés dans l'espace de 13.66 millimètres, ou exactement six lignes. Ces mêmes variations ont été presque de moitié plus fortes dans la plaine voisine, qui est elle-même fort élevée.

Il suit de là que lorsque l'un des deux baromètres étant au haut d'un pic, l'autre est placé au bas de la montagne, la plus grande partie des erreurs est à imputer à l'observation inférieure; aussi l'observation supérieure est ordinairement comparable à toutes celles qui peuvent être faites dans des plaines même fort éloignées, tandis que les observations de la plaine sont à peine comparables entre elles, même aux plus médiocres distances. J'ai eu la curiosité de calculer celles que j'ai faites au haut des Pyrénées, avec les observations que notre confrère Bouvard fait à Paris. L'énorme distance qui nous séparait s'est rendue peu sensible dans les résultats, et les erreurs ont été d'autant plus médiocres que les hauteurs à mesurer étaient plus considérables. Ces erreurs même ont paru affecter un sens déterminé et suivre une loi

qui vaudra la peine d'être examinée. Le désordre, au contraire, a été extrême, lorsque j'ai voulu appliquer le baromètre au nivellement des plaines. Je n'en présenterai qu'un exemple dans trente-cinq observations que j'ai faites à Marly-la-Ville pour déterminer l'élévation de son plateau au-dessus du cours de la Seine, à Paris. Ce sont encore les observations de Bouvard qui m'ont servi de terme de comparaison.

Élévation de Marly-la-Ville au-dessus de l'Observatoire.

10 juillet 1804, à midi	64 mètres.	13 octobre 1804, à midi.	75 mètres.
11	63	14	69
12	65	15	72
23	62	16	70
26 septembre.	59	18	66
27	63	19	66
28	64	23	68
30	71	24	67
1 octobre.	76	25	63
2	68	26	66
3	65	29	66
4	68	30	62
5	74	31	73
6	67	1 novembre	68
7	59	2	60
10	69	3	55
11	62	4	62
12	71		

Moyenne des trente-cinq observations	66
Élévation de l'Observatoire au-dessus des basses eaux de la Seine	47
Élévation de Marly au-dessus de la Seine, à Paris.	113

Dans cette série, on voit varier les résultats de 10 à 11 mètres d'un jour à l'autre, quoiqu'ils appartiennent tous à l'heure la plus favorable; et les extrêmes ont embrassé un intervalle de 21 mètres, quantité fort considérable en elle-même, et qui devient énorme si on la compare à la hauteur mesurée, puisqu'elle constitue le tiers de la moyenne arithmétique des trente-cinq observations. Aucune autre position

des deux baromètres correspondans n'offrira de pareilles aberrations, et il est possible qu'elles soient dues en partie à l'interposition de Paris; mais elles avertissent assez de la réserve qu'il faut apporter à prononcer sur de petites différences de niveau, lorsqu'on les conclut d'observations faites dans les couches inférieures de l'atmosphère et dans ces positions où l'air étant de toutes parts en contact avec la terre, subit une multitude de modifications inappréciables, qui agissent sur les instrumens à l'insu de l'observateur.

Sous ce dernier rapport, les vallées participent à la condition des plaines; mais cette condition est singulièrement modifiée par l'inclinaison des pentes, la hauteur des montagnes environnantes et les directions que ces circonstances impriment aux courans d'air. Saussure avait reconnu combien les gorges étroites et profondes étaient peu propres aux observations barométriques. Il n'y aurait pas besoin d'en apporter d'autre preuve que celle que nous fournit la Novalèse. Deluc y a fait trois observations qui ont donné 422–414–400 toises, dont la moyenne serait 412 toises. Voilà de grandes différences. Les observations de Saussure les augmentent probablement encore. Il en a fait huit qu'il ne détaille point; il se borne à en donner la moyenne, qui est 400 toises. Or, s'il a employé ici la formule de Trembley, cette moyenne, ramenée au calcul de Deluc, se réduirait à 390 toises. Mes propres observations ne m'ont guère fourni d'exemples de pareilles disparates. Il est probable que celles-ci procèdent en bonne partie des heures où les observations ont été faites, de la distance où se trouvait le baromètre correspondant, qui était généralement en permanence à Genève, de la situation même de cette ville au pied des plus hautes montagnes des Alpes, situation que je regarde comme peu propre à fournir une base solide aux opérations de ce genre; enfin de l'interposition d'une grande partie de la chaîne, qui séparait et modifiait diversement les deux atmosphères où les instrumens

étaient placés. Saussure, au reste, ne s'est point trompé sur la cause générale qui trouble les observations faites dans de pareils lieux : il la trouve *dans les vents verticaux, qui tantôt augmentent et tantôt diminuent la pression de l'air sur le mercure* (1) ; mais cette même cause de trouble agit dans bien d'autres cas, et dans celui-ci elle prend, à mon avis, un caractère très-remarquable par l'uniformité avec laquelle elle paraît agir dans un seul et même sens. C'est ce que Saussure n'a point remarqué, et c'est ce qui résulte de mes propres observations, si elles ne m'ont point abusé.

La plupart de ces observations ont été faites dans la vallée de Barèges. Je ne pouvais rencontrer un lieu plus propre à déterminer l'action des gorges étroites et profondes sur les instrumens météorologiques. Quoique cette vallée soit déjà très-élevée, puisqu'elle se trouve à 1290 mètres au-dessus du niveau de la mer, cependant elle n'en est pas moins enfoncée entre deux chaînes de montagnes qui la dominent immédiatement de 12 à 1400 mètres, et ne laissent entr'elles qu'un intervalle de quelques centaines de pas. Au fond d'un pareil canal que tous les vents sont forcés de parcourir dans le sens de son inclinaison, où des montagnes glacées versent par torrens l'air que le froid de leurs cimes a condensé autour d'elles, qui reçoit dans des directions convergentes celui que le même refroidissement précipite incessamment des hautes régions de l'atmosphère, et dont les parois absorbent ou réfléchissent la chaleur selon qu'elles sont éclairées du soleil ou privées de sa lumière, on doit s'attendre que le poids et la température de l'air, indiqués par les instrumens, seront rarement dans un rapport exact avec l'élévation où ils sont placés, et l'on peut déjà prévoir à peu près dans quel sens se feront les erreurs auxquelles on est exposé.

Or, la hauteur de Barèges, au-dessus de Tarbes, est suffi-

(1) *Voyages dans les Alpes*, § 1256.

samment établie par des nivellemens, et notamment par celui de MM. Vidal et Reboul, nivellement qui a été prolongé jusqu'à la cime du Pic du Midi, et qui a servi à déterminer l'élévation relative de tous les degrés de cette longue échelle. Je ne puis former le moindre doute sur cette belle opération qui m'est parfaitement connue, et que j'ai vu exécuter, il y a dix-neuf ans, avec des précautions qui la mettent à l'abri de tout soupçon. Il m'était donc facile de reconnaître ici la marche du baromètre, en comparant à la hauteur réelle, les hauteurs conclues à l'aide de cet instrument et au moyen des formules qui donnaient les mesures justes dans des positions favorables. Mais il fallait multiplier beaucoup les observations, parce que dans un lieu pareil je devais m'attendre à de grands écarts. J'en ai donc fait et calculé séparément quatre à cinq cents en différentes années et en différentes saisons. Elles ont été fort divergentes, quoique beaucoup moins que celles de la Novalèse; mais ce qu'elles ont eu de bien remarquable, c'est qu'aucune n'a donné la hauteur véritable, et que la moyenne des observations de midi même est demeurée invariablement d'une vingtaine de mètres au-dessous de cette hauteur.

J'ai fait ensuite quelques observations à Luz et à Gavarnie, situés de même au fond de bassins plus ou moins étroits et fortement dominés. L'élévation de ces lieux nous est également connue par des nivellemens : j'ai eu constamment la même erreur en défaut.

J'ai porté le baromètre sur des plateaux et des rochers compris dans ces grandes excavations, mais saillans au-dessus de leur fond : le résultat a encore été le même.

La marche n'a changé que vers ces hauts cols où l'air reprend sa liberté. Au Tourmalet et au port de Gavarnie, élevés, l'un de 2195 mètres, l'autre de 2331, le baromètre m'a donné presqu'exactement la hauteur que les nivellemens leur ont assignée.

Dans

Dans les gorges étroites où j'ai opéré, les deux instrumens consultés ont dû être affectés chacun à leur manière par les circonstances locales. Mais il est évident que le thermomètre n'est pour rien dans les erreurs faites à midi, puisque ces erreurs ont été en moins; car c'est le propre des lieux ainsi disposés, de concentrer la chaleur durant le gros du jour, et le coefficient s'y trouve habituellement augmenté de cet excès de température. Les observations de midi devaient donc donner des hauteurs trop fortes : or, l'erreur étant toujours en sens contraire, il fallait, pour l'expliquer, recourir à une autre influence qui l'emportât de beaucoup sur celle de la chaleur. Je la trouve dans la pression constante des vents descendans que l'inclinaison des pentes dirige sur la cuvette du baromètre, et qui élève la colonne de mercure au-dessus du point où le poids seul de l'atmosphère l'aurait soutenue.

Il m'était aisé de vérifier cette conjecture en fesant la contre-épreuve. Le baromètre correspondant avait été jusqu'à présent à Tarbes. Il ne s'agissait que de le transporter au sommet des montagnes, et le baromètre de Barèges occupant alors la station inférieure, l'excès d'élévation que j'attribuais au mercure devait me donner les hauteurs trop fortes.

Dans ce cas-ci, il n'était pas aussi indispensable de multiplier les observations, parce qu'il y avait moitié de gagné sur les causes d'erreur, puisque l'un des deux baromètres était affranchi des influences perturbatrices qui règnent dans les couches inférieures de l'atmosphère. Voici celles que j'ai faites l'année dernière au sommet du Pic du Midi et du Pic de Bergons.

Pic du Midi.

Élévation au-dessus de mon cabinet de Barèges. . . . . 1654 mètres.

30 août 1805.	10^h du matin. . . .	1663 mètres.
	$10^h \frac{1}{2}$	1669
	11^h.	1672
	Midi.	1677
	$0^h \frac{1}{2}$ du soir. . . .	1679
	1^h.	1674
15 septembre.	10^h du matin. . . .	1652
	$10^h \frac{1}{2}$	1659
	11^h.	1662
	Midi.	1664
	1^h du soir.	1670

Pic de Bergons.

Élévation au-dessus de mon cabinet de Barèges. . . . . 832 mètres.

11 septembre 1805.	10^h du matin. . . .	846
	$10^h \frac{1}{2}$	846
	11^h.	848
	Midi.	846
	1^h du soir.	855

Ces seize observations font encore apercevoir assez distinctement l'influence des heures, malgré les irrégularités que la position du baromètre inférieur ne pouvait manquer d'y introduire ; mais ce qui est évident, c'est l'excès de hauteur qui résulte de l'ensemble de ces observations, et pour ne nous arrêter, comme de coutume, qu'à celles de midi, on remarque que la première est trop forte de. . . . . . 23 mètres.

La seconde de. 10

La troisième de 14

La moyenne de ces trois erreurs est d'environ 16 mètres en plus, qui compensent à peu près les 20 mètres d'erreur en moins que la moyenne des observations de Barèges a donnés,

lorsque le baromètre inférieur était à Tarbes. On ne peut attendre un résultat plus satisfesant d'opérations où il entre un élément aussi capricieux que l'est l'influence des vallées sur les instrumens météorologiques.

Il ne me restait qu'une expérience à faire dans les lieux de cette espèce; celle d'établir à la fois les deux baromètres dans la même vallée sur deux points de niveau différent. J'ai choisi, à cet effet, un rocher peu éloigné de Barèges, et médiocrement élevé au-dessus de mon cabinet. J'en ai mesuré d'abord trigonométriquement la distance et la hauteur relative; et j'ai ensuite vérifié celle-ci par un nivellement. Les deux déterminations ont été conformes à moins d'un mètre près. Ce rocher est connu sous le nom de *Butte de Sers.* J'ai trouvé la distance de 1994 mètres, et la hauteur au-dessus de ma station habituelle de 54 mètres. Je n'ai pas eu le loisir d'y faire beaucoup d'observations, mais le petit nombre de celles que j'y ai faites, suffisait pour satisfaire ma curiosité.

23 septembre 1805	$11^h \frac{1}{2}$ du matin	55 mètres.
	Midi.	56
24 septembre	11^h du matin.	58
	Midi.	59
	$0^h \frac{1}{2}$ du soir	60
4 octobre.	11^h du matin.	60
	Midi.	61
7 octobre	$11^h \frac{1}{2}$ du matin.	54
	Midi.	54

Ces neuf observations ayant été toutes faites aux environs de midi, il y a entre elles peu de raisons de préférence, et l'on peut les employer indistinctement pour la détermination de la hauteur cherchée. Leur moyenne arithmétique n'excède que de 3 mètres la mesure géométrique, et trois d'entre elles ont été justes ou à peu près. Il faut même convenir que les variations qui ont eu lieu d'un jour à l'autre sont très médiocres, eu égard aux inconvéniens d'une pareille station, et il

est clair que les deux baromètres se trouvant sous la même influence générale, ont marché à peu près comme s'ils en étaient exempts.

§ III. *Des météores.*

D'après ce que nous avons dit, soit de l'influence des heures, soit de celle des positions, il paraît que l'inclinaison des courans d'air est la cause principale à laquelle l'une et l'autre viennent se réduire. Peut-être faudra-t-il y ramener encore l'action des vents généraux, s'il est vrai, comme je serais tenté de le croire, qu'ils n'affectent les observations qu'autant qu'ils s'écartent naturellement ou accidentellement de la direction horizontale, en sorte que dans beaucoup de cas, les conclusions que l'on tirerait des observations entreprises dans la vue de déterminer l'influence de ces vents, ne seraient justes que relativement à la latitude, au pays, à la saison où elles auraient été faites. Ces observations, au reste, ne sont rien moins que faciles. D'abord, il n'est pas toujours aussi aisé qu'on le pense de savoir quel est précisément le vent qui domine, car il est rare d'en voir un seul entraîner à la fois toutes les couches de l'atmosphère dans une même direction. Une grande partie de ceux que nous ressentons, ne sont que des remoûts dont l'origine n'est souvent rien moins qu'éloignée; et dans nos climats, j'ai rencontré dix fois pour une les vents du sud vers les hautes régions, quels que fussent ceux qui soufflassent au pied des montagnes. Le plus sûr caractère auquel on puisse reconnaître les vents généraux et dominans, parmi tous les vents particuliers qui s'entrecroisent, c'est l'élévation même du mercure dans le baromètre. Les grands abaissemens décèlent toujours l'arrivée des vents de la région australe : ceux de la région boréale s'annoncent par le signe contraire; et cependant, c'est précisément en sens inverse que les vents de l'une et l'autre région agissent sur le baromètre exposé à leur choc dans les couches supérieures

de l'atmosphère. Au haut des pics, j'ai vu les coups de vent du nord faire baisser le mercure en soulevant la colonne d'air; les bourrasques du sud, au contraire, semblaient la déprimer, et occasionnaient dans le baromètre une hausse momentanée, mais très-sensible. Ces oscillations vont souvent à deux et trois dixièmes de millimètre, par des vents qui ne sont rien moins qu'impétueux. Des vents plus forts et plus continus, sans exciter des mouvemens beaucoup plus apparens, n'en agissent pas moins avec une puissance proportionnée à leur constance et à leur intensité, et la force avec laquelle ils retiennent le mercure au-dessus ou au-dessous de son niveau, se manifeste bientôt par l'étendue des erreurs que le vice de l'observation introduit dans la mesure des hauteurs. Mais rien jusqu'à présent ne détermine quelle part la nature même de ces vents peut avoir à des effets sur lesquels l'aspect et la forme des terrains exerce nécessairement tant d'influence; et bien que j'aie réellement cru reconnaître dans de longues suites d'observations faites au voisinage des plaines, que les vents de la région boréale tendaient encore à donner les hauteurs un peu plus fortes, cependant je n'oserais décider si ce résultat appartient à l'action propre de ces vents, plutôt qu'aux dérangemens que la disposition des lieux apporte à la direction de leurs courans (*).

Je demeure dans une incertitude pareille, relativement à un phénomène que j'ai constamment observé dans tous les lieux où j'ai appliqué le baromètre à la mesure des hauteurs, savoir, l'influence extraordinaire que les temps orageux ont exercée sur les résultats. J'ai sous les yeux un bon nombre d'observations faites soit avant, soit après les orages, soit pendant leur durée; le baromètre supérieur se trouvant tantôt dans les vallées, tantôt au sommet des montagnes, et le baromètre inférieur demeurant toujours dans la plaine limitrophe. La proximité ou

(*) Ces premiers aperçus sont rectifiés ci-après, 3e. mémoire, 3e. partie.

l'éloignement du foyer de la tempête, sa situation relativement aux deux baromètres correspondans, les vents, le calme, la présence du soleil ou l'interposition des nuages, n'ont apporté dans les effets aucune variation qui parût en rapport avec l'état apparent du ciel. Toujours l'erreur a été énorme, et toujours elle a été moins. En allouant toute la latitude possible aux causes connues qui pouvaient déterminer une erreur dans ce sens, il est toujours resté vingt, trente, quarante mètres pour la part de l'orage. De quelle nature est la modification que l'atmosphère subit dans ces circonstances? quel en est l'agent? à quel point l'effet observé dépend-il des lieux mêmes où je l'ai vu se manifester? Voilà autant de questions que mes expériences ne m'ont point mis en état de résoudre. Il n'y a qu'une chose bien certaine, savoir que les temps orageux sont au premier rang de ceux où il faut s'abstenir des observations tendantes à la mesure des montagnes, pour peu que l'on prétende à l'exactitude dont ce genre d'opérations est susceptible.

Du reste, hormis les grands météores dont je viens de parler, je n'en connais aucun qui se soit distingué dans mes opérations par une action particulière. La diversité des saisons, l'état du ciel, et même la sécheresse et l'humidité de l'air, ont sans doute trop peu d'influence pour se faire apercevoir nettement dans ce petit cercle d'incertitudes où se cachent tantôt les erreurs de l'observation, et tantôt celles qu'occasionnent ces agitations secrètes de l'atmosphère, qui intervertissent à notre insu l'ordre dans lequel décroissent de bas en haut la chaleur et la densité de l'air. Cette dernière cause d'erreur en couvre habituellement bien d'autres; et quand on insiste long-temps sur la mesure d'une seule et même hauteur, on est forcé de lui rapporter la plupart des variations qu'éprouvent du jour au lendemain les résultats d'observations faites souvent dans les mêmes circonstances apparentes.

La méthode que j'ai employée pour démêler ce qui pouvait

appartenir en propre à chacun des effets particuliers dont l'effet général se compose, est à la fois très-simple, et la seule qui pût remplir l'objet que je me proposais. Diverses hauteurs bien déterminées étant calculées un grand nombre de fois, d'après des observations faites avec soin dans des circonstances fort différentes, il ne s'agissait, pour établir la valeur de chacune de ces circonstances, que de comparer la moyenne des résultats obtenus sous l'influence de l'une d'entre elles, à la moyenne de ceux qui avaient été obtenus sous l'empire des autres. Dans ces comparaisons, les causes les plus puissantes devaient se montrer les premières; et il n'étoit pas difficile d'éliminer l'influence des heures, des situations, des grandes agitations de l'atmosphère, pour reconnaître les temps et les lieux les plus favorables à la détermination du coefficient qui convenait aux températures moyennes. Il était déjà moins aisé de démêler et vérifier la partie de ce coefficient qui appartenait à la température elle-même. L'observation du thermomètre est fort délicate, et c'est de cet instrument que procède la plus grande partie des erreurs que l'on commet dans la mesure des montagnes, quand on se contente d'inscrire la chaleur qu'il indique à l'instant précis où l'on note la hauteur du baromètre. Il faut le voir marcher assidûment et long-temps, pour démêler la véritable température de l'air, au milieu des températures fort diverses qu'il accuse d'un moment à l'autre. Le baromètre n'expose que bien rarement à de pareilles incertitudes : il est en rapport immédiat avec la totalité de la colonne d'air qu'il est destiné à peser. Quand même les couches de l'atmosphère sont en désordre, celles qui se trouvent accidentellement hors du rang de leurs densités agissent sur lui par leur tension, et il demeure immobile, tandis que le thermomètre livré à toutes les impressions voisines, monte et baisse de plusieurs degrés au passage de chaque petite atmosphère que lui apporte la mobilité des airs. L'emploi de cet instrument exige donc plus de sagacité que l'on

ne pense communément, et quoique des observations très-nombreuses, faites depuis trois ou quatre degrés au-dessous du terme de la congélation, jusqu'à trente degrés au-dessus de ce terme, aient suffisamment justifié pour moi la loi de dilatation adoptée par M. Laplace; quoique les résultats moyens obtenus à des températures aussi variées, aient été sensiblement égaux entre eux, distraction faite de ce qui pouvait appartenir à l'action mécanique des vents, et aux modifications que la disposition des terrains apportait à cette action, cependant il m'a été impossible d'atteindre à ce degré de précision où la part de l'humidité aurait commencé à se distinguer de celle de la chaleur. J'ai beaucoup consulté l'hygromètre, et j'ai eu le bonheur extraordinaire de lui voir parcourir plus de soixante degrés de son échelle; car le 9 octobre de l'année dernière 1805, à Barèges, dont l'élévation absolue est de 1290 mètres, j'ai vu un excellent hygromètre à cheveu, de la construction de Fortin, descendre à la sécheresse jusqu'au 39e degré, le vent étant au sud, le baromètre à 661.90 millimètres, et le thermomètre centigrade à 16°.5; et en 1803, le 7 novembre, il était descendu à 34 degrés au sommet de Lhérins, élevé de 1598 mètres, le vent étant de même au sud, le baromètre à 621.80 millimètres, et le thermomètre à 11°.4. J'avouerai que cette observation-ci est moins sûre que la précédente, parce que j'y ai employé un hygromètre de Richer, et que le ressort que cet artiste a substitué au poids jette beaucoup d'irrégularité sur la marche de cet instrument, quelque soin que l'on apporte à en régler les deux termes fixes; car l'expérience m'a prouvé que ses degrés ont diverses valeurs, selon qu'il va de l'humide au sec, ou du sec à l'humide. Je n'alléguerai donc point une autre observation faite la même année 1803 à Bagnères, où par un vent de sud, d'une chaleur tout-à-fait extraordinaire pour la saison, puisque le thermomètre était à 23°.75, le 18 novembre à neuf heures du soir, j'ai vu le même hygromètre descendre au 24e degré; mais, en

en allouant à l'erreur de l'instrument tout ce qu'on peut raisonnablement lui accorder, il n'est pas moins certain que j'ai observé à des degrés d'humidité extrêmement différens, et que néanmoins la part de cette circonstance a été couverte dans les cas extraordinaires par celle des circonstances plus prépondérantes dont ils étaient accompagnés, et dans les cas ordinaires par la tolérance due à l'erreur même des observations. La raison en est évidente. Le facteur de la température étant empiriquement déterminé, renferme déjà la correction de l'humidité moyenne, et les quantités dont cette moyenne se trouve augmentée ou diminuée, sont ordinairement trop petites pour affecter sensiblement des résultats où les moindres accidens occupent plus de place que ces quantités. La théorie appuyée sur des expériences directes, pourrait faire davantage : elle détacherait facilement une correction spéciale de la correction de la température; mais il n'est pas clair que le calcul gagnât en exactitude autant qu'il perdrait en simplicité, car l'hygromètre aurait aussi ses infidélités du moment où on le ferait concourir à la mesure des hauteurs. Il ne peut indiquer que l'humidité de la lame d'air qui le traverse, et celle-ci, bien souvent, n'appartient point à la région où il est observé, et bien plus souvent encore, il n'y a rien à conclure du rapport des deux hygromètres correspondans, pour la plus grande partie de la couche d'air qui les sépare. Je crois donc que nous pouvons, sans inconvénient, opérer dans la supposition d'une humidité moyenne constante, et laisser les variations dans ce dernier résidu d'incertitudes qui subsiste encore après l'élimination de toutes les causes appréciables d'erreur. Ce résidu que nous abandonnons, rentre dans le domaine de la météorologie, à laquelle il pourra être d'un grand secours. Après avoir employé ses instrumens à la mesure des hauteurs, nous lui rendons la mesure des hauteurs comme un moyen d'apercevoir certaines modifications de l'atmosphère que la seule marche des instrumens ne saurait lui révéler. Le

trouble intestin dont l'océan des airs est souvent travaillé, se manifestera par les écarts de ces mesures, quand aucun autre signe ne le rendrait perceptible; et ces nouveaux témoignages fourniront un nouvel appui aux pronostics qui constituent une des utilités prochaines et habituelles du baromètre.

CONCLUSION.

L'EXPOSITION des moyens que j'ai employés pour déterminer par l'observation un coefficient qui vient de recevoir la sanction de l'expérience, indique suffisamment à ceux qui se livreraient à de pareilles recherches, les précautions qu'exigerait d'eux la vérification des quantités qui entrent dans la formule de M. Laplace. Mais en attendant que des observations encore plus nombreuses, encore plus variées, encore plus exactes, aient assigné une valeur aux inconnues que j'ai été forcé de laisser sur ma route, je réduirai aux plus simples termes les avis que mon expérience peut donner à ceux qui se contenteront d'appliquer la formule, telle qu'elle est, à la mesure des hauteurs.

I. On pourra espérer avoir les hauteurs justes, quand on observera à midi, par un temps calme et qui n'incline pas trop au changement, les deux baromètres se trouvant l'un et l'autre sur des sommets isolés, ou le baromètre inférieur étant placé dans une plaine bien ouverte, et à une distance médiocre. Dans ce dernier cas même, j'aimerais mieux augmenter la distance qu'approcher le baromètre du pied des montagnes, où l'avantage de la proximité est plus que balancé par l'action perturbatrice des vents descendans. Hors de ces circonstances éminemment favorables, les erreurs n'ont point de mesure fixe : elles ne peuvent être corrigées que par l'estime, et selon le degré d'influence que l'expérience de l'observateur assignera aux causes qui doivent les produire.

II. On estimera, en général, les hauteurs trop faibles,

1°. Quand l'observation se fera le matin ou le soir;

2°. Quand le baromètre inférieur étant dans une plaine, le baromètre supérieur sera dans une vallée étroite et profonde;

3°. Quand les vents souffleront fortement de la région australe;

4°. Quand le temps sera manifestement orageux.

III. On estimera, au contraire, les hauteurs trop fortes,

1°. Quand on observera entre midi et deux ou trois heures, surtout l'été, et quand le soleil ne sera point caché par les nuages;

2°. Quand le baromètre supérieur étant au sommet des montagnes, le baromètre inférieur sera placé dans une gorge étroite et fortement dominée;

3°. Quand il régnera un vent fort de la région boréale, surtout si l'on est sur une montagne, et s'il en frappe la pente la plus escarpée.

IV. Enfin, on sera certain que les erreurs seront grandes et variables dans tous les sens, quand les différences de niveau seront peu considérables, et les deux baromètres placés dans la même plaine ou la même vallée, et bien plus encore lorsqu'ils seront placés dans deux vallées séparées par une chaîne de montagnes. Dans ces cas-ci la distance horizontale ne saurait être trop petite, et malgré la proximité, on ne pourra prendre confiance que dans les moyennes d'un très-grand nombre d'observations.

Au reste, les erreurs que nous appelons *grandes*, eu égard à la précision mathématique, sont souvent *petites* par rapport à l'objet qu'on se propose; et les résultats auront presque toujours une exactitude suffisante pour l'ingénieur et le géologue, puisque l'indication des causes d'erreurs les plus ordinaires, met désormais en état d'éviter les unes et d'apprécier les autres.

FIN DU SECOND MÉMOIRE.

TROISIEME MÉMOIRE,

Lu à la Classe des Sciences physiques et mathématiques de l'Institut, les 5, 12 et 26 décembre 1808;

Imprimé dans les Mémoires de la Classe, *année* 1808, 2e. *semestre, page* 73.

On désire depuis long-tems que l'observation du baromètre soit appliquée au nivellement des plaines, comme elle l'est à la mesure des montagnes; rien même ne semble plus facile, et l'on s'accorde généralement à croire que l'objet serait parfaitement rempli par la simple comparaison de moyennes barométriques, pareilles à celles qu'on est accoutumé de déduire de toutes les séries d'observations dont la durée a été suffisamment prolongée. Ces moyennes suffisent en effet s'il ne s'agit que d'évaluations approximatives; mais pour peu que l'on aspire à l'exactitude et que l'on veuille savoir ce que l'on fait, on ne tarde pas à s'apercevoir que les conditions de ce petit problème sont beaucoup plus compliquées qu'on ne pense.

Des baromètres disséminés sur la vaste étendue des plaines, ne se comportent point comme deux baromètres placés, l'un au pied, l'autre au sommet d'une montagne isolée. Je me contente à cet égard de rappeler ce qui m'est arrivé lorsque j'ai essayé de déterminer l'élévation de Marly-la-Ville au-dessus de Paris, et l'on peut voir dans mon précédent mémoire, combien les écarts journaliers de la mesure ont jeté d'incertitude sur le résultat définitif de l'opération. Il était aisé d'en accuser les caprices de l'air, l'infidélité des instrumens, l'insuffisance de la méthode, et de rejeter le procédé lui-même dans la classe de ceux qui ne sont point susceptibles d'une certaine précision. La plupart des physiciens s'en sont tenus

là, et n'ont demandé au baromètre que dès à peu près dont ils se sont contentés. J'en aurais peut-être fait de même s'il ne s'était offert une occasion favorable de soumettre la question à un nouvel examen, de la considérer sous toutes ses faces et de la poursuivre dans ses moindres détails. Je me suis attaché à déterminer la hauteur d'un point remarquable, et j'ai apporté d'autant plus de soin à cette opération, qu'une circonstance heureuse mettait à ma portée un moyen d'en vérifier la justesse. Appuyé ainsi sur une base solide, j'ai pu juger la valeur de tous les incidens qui troublaient l'exactitude de la mesure. Dans le cours de mon travail il s'est présenté de nouveaux objets de considération, des problêmes curieux à résoudre. Quelque idée que l'on ait de la nature, on ne saurait se figurer d'avance l'étendue du champ de méditation que l'étude de ses moindres lois ouvre à une attention sérieuse. La recherche des conditions qu'exigent les observations pour être comparables entre elles, m'a conduit peu à peu à examiner de plus près les phénomènes des variations du baromètre. Bientôt l'influence de ces variations sur la mesure des hauteurs m'a ouvert une route pour aller à la recherche de leurs causes, et l'idée que je me suis faite de celles-ci a éclairci pour moi le mystère de quelques-unes des principales modifications de l'atmosphère.

Ainsi, ce qui était l'objet primitif de mon travail, a fini par en devenir un simple accessoire, et l'histoire d'une hauteur déterminée avec soin, n'est plus que le cadre qui embrasse un assez grand nombre de considérations sur les précautions qu'exigent les opérations destinées à faire connaître les moyennes pressions de l'air, sur les circonstances qui peuvent en déguiser l'expression, sur les courans atmosphériques, sur les variations soit horaires soit accidentelles du baromètre, sur les conditions enfin qui circonscrivent et limitent l'emploi de la formule des différences de niveau, et sur les modifications que son coefficient devrait

éprouver, pour répondre à la diversité des heures, des saisons, des climats et des vents.

Je vais tâcher de développer ces considérations assez multipliées, dans l'ordre le plus propre à en faciliter l'exposition. Elles se rangeront naturellement sous un petit nombre de chefs. Je commencerai par rendre compte des moyens que j'ai employés pour déterminer exactement l'élévation absolue de la ville de Clermont, je traiterai ensuite de la variation diurne du baromètre, puis de ses variations accidentelles, et des erreurs que ces variations introduisent dans la mesure des hauteurs. Ces divisions embrasseront la totalité des questions que je me propose d'examiner, et la même suite d'observations suffira pour les faire naître et pour les résoudre.

PREMIÈRE PARTIE.

Élévation absolue de la ville de Clermont-Ferrand.

La ville de Clermont-Ferrand est située à une distance à peu près pareille de l'Océan et de la Méditerranée, sur un terrain d'alluvion probablement fluviatile, dans une lacune du vaste plateau de granit qui constitue le sol d'une partie du département du Puy-de-Dôme et de plusieurs départemens limitrophes, au voisinage enfin d'un grand nombre de cimes volcaniques, de plateaux de basalte, de cratères, de laves de divers âges qui s'étendent fort loin au couchant et au midi, et forment le groupe de montagnes le plus élevé et le plus remarquable de l'intérieur de la France.

Ces montagnes sont les monumens d'un ordre de choses très-rapproché du nôtre. Une partie des forces qui agissaient alors, agit encore sur différens points de notre globe, et les effets ont entre eux tant d'analogie qu'il serait peut-être difficile de distinguer l'une de l'autre ces deux époques consécutives, si celle des vol-

cans anciens n'était pas caractérisée par une formation contemporaine de pierres calcaires et d'aggrégats que nos eaux actuelles n'ont plus le pouvoir de produire.

La proximité de la période de temps où les volcans maintenant éteints ont brûlé, donne à leur étude un intérêt tout particulier. Ce ne sont plus ces montagnes primordiales ou pélagiennes, production mystérieuse d'âges trop reculés et d'événemens trop extraordinaires, pour être ramenées à la mesure de notre expérience et se ranger dans le cercle de nos idées; monumens gigantesques et muets qui se présentent au naturaliste sous le même voile qui couvre aux yeux du scrutateur de l'antiquité, l'origine des peuples, leurs migrations primitives et les faits de ces siècles fabuleux que sépare de nous le long silence de l'histoire.

Ici tout semble à notre portée. L'analogie nous conduit par la main; la similitude qui règne entre les faits observés et ce qui se passe sous nos yeux, donne de l'appui au raisonnement, de la prise aux conjectures, du corps aux théories. Dans ce qui nous reste de cet ancien monde, tout est encore à sa place; les événemens postérieurs n'ont point changé les positions respectives: la pensée restitue presque sans effort les parties que ces événemens ont altérées. Sur un pareil terrain les hauteurs absolues et relatives sont d'une grande valeur aux yeux du géologue; il en tire des conclusions aussi directes et aussi solides qu'elles sont indirectes et vagues pour les montagnes d'ancienne origine où des bouleversemens épouvantables ont substitué partout des hauteurs accidentelles aux hauteurs primitives.

Il était donc naturel qu'on s'occupât beaucoup de l'élévation des montagnes de l'ancienne Auvergne; mais ce que l'on a fait à cet égard est si peu exact que le travail n'en reste pas moins à faire. M. Delambre a prouvé combien les évaluations de Cassini étaient exagérées. Je me suis assuré de mon côté que les différentes mesures qu'on nous a données depuis Cassini ne sont guère moins défectueuses. Il m'a paru intéressant de les fixer avec plus de

de précision, et j'ai dû attacher beaucoup d'importance à connaître l'élévation absolue de ma station, puisqu'elle me fournissait un point de départ fort commode pour mesurer les hauteurs qui l'environnent.

Je pouvais sans doute conclure toutes ces hauteurs de celle du Puy-de-Dôme dont M. Delambre nous a donné une mesure exacte; mais la confiance même que cette mesure devait m'inspirer était une raison de plus d'essayer encore une fois le baromètre dans une des circonstances les moins favorables à son usage. J'avais un point de comparaison qui se rattachait au nivellement de la méridienne : il était curieux de voir jusqu'à quel point les différences de niveau, déduites d'observations barométriques faites en plaine et à des distances considérables, approcheraient de la justesse des mesures géométriques.

J'ai donc abordé franchement la difficulté, en choisissant pour baromètre correspondant celui de l'Observatoire de Paris, et M. Bouvard a eu la complaisance de m'en transmettre exactement les observations.

A quatre-vingts lieues en ligne droite du baromètre de Paris, je ne pouvais assurément pas me croire dans la même atmosphère. Sans parler des modifications locales dont les effets n'embrassent que de médiocres étendues, l'action même des vents généraux se modifiait par les conséquences de l'éloignement. Pour peu qu'ils soufflassent dans une direction voisine de celle de la distance, ces vents n'agissaient que successivement sur les deux instrumens; les oscillations du mercure n'étaient alors ni simultanées ni proportionnelles, il n'y avoit aucun fond à faire sur chacune des observations isolément considérée; leur continuité seule devait amener les compensations qui en couvriraient les écarts : c'étaient donc des moyennes barométriques qu'il s'agissait de recueillir et comparer, pour en déduire la différence de niveau des deux stations, et la question se réduisait à savoir quelles étaient les

conditions à remplir pour que ces moyennes exprimassent exactement le rapport des pressions atmosphériques.

On a fait depuis un siècle tant d'observations météorologiques, que cette question et toutes les questions subsidiaires qu'elle renferme, seraient plus que résolues si les circonstances de ces observations avaient toujours été bien choisies et si elles avaient été faites avec l'exactitude requise.

Mais d'abord peu d'instrumens sont bons, et, dans les meilleurs, peu sont comparables. La seule différence de structure apporte déjà des différences notables dans la hauteur de la colonne de mercure; la manière d'observer en introduit d'autres. Tel observateur néglige de corriger le niveau du bain de mercure; tel autre, sans égard aux effets de la capillarité, prend la hauteur de la colonne à la base de sa calotte; presque tous s'obstinent à dédaigner la correction de la température du mercure. Dans le petit nombre de ceux qui l'admettent, quelques-uns adoptent un facteur insuffisant, et plusieurs autres y satisfont grossièrement en employant à cette correction la température de l'air extérieur, qui n'est presque jamais celle du lieu où le baromètre est enfermé.

Et si le matériel des observations mérite souvent peu de confiance, leur système logique est ordinairement encore plus en défaut. Le choix arbitraire des heures où l'on consulte les instrumens, et l'habitude où l'on est de confondre des observations que la variation diurne distribue en diverses séries, achèvent d'introduire l'incertitude et la confusion, en nous fournissant des résultats composés d'élémens hétérogènes, combinés en proportion indéterminée; résultats qui ne sont réellement analogues à rien, si ce n'est à ceux qui, par aventure, auraient été obtenus de la même manière et dans des circonstances pareilles.

Lorsque l'on pèse la valeur de toutes ces causes de confusion et de trouble, on n'est pas surpris qu'il y ait si peu de conséquences exactes à tirer de nos tables météorologiques, et qu'il

n'y ait rien de bien établi touchant les faits fondamentaux; que le poids absolu de l'air au niveau de nos mers soit encore en question ; qu'on ignore si ce poids décroît uniformément du pôle à l'équateur, si ce décroissement est réel ou seulement apparent, et si enfin la moyenne pression, déterminée par un nombre suffisant d'observations, est pour le même lieu constante ou variable. Or, avant de construire des théories sur les résultats souvent contradictoires qui nous viennent des diverses parties de la terre, on attendra sans doute des observations telles qu'on ne puisse raisonnablement suspecter ni la bonté des instrumens ni la méthode de l'observateur.

Sous le rapport des instrumens, il n'y a d'exactement comparables que ceux qui ont été exactement comparés. Le degré de pureté du mercure, le diamètre du tube, son poli intérieur, et peut-être même la nature du verre, sont autant de causes de différences entre des baromètres d'ailleurs pareils en structure et sortis de la main du même ouvrier.

Sous le rapport de la méthode d'observation, il n'y a que deux manières, l'une absolue et l'autre relative, de déterminer pour un lieu la pression moyenne de l'atmosphère.

S'il s'agit d'une détermination absolue, les variations horaires font la loi. Le mercure monte deux fois et baisse deux fois dans les vingt-quatre heures. Il faut donc faire quatre observations par jour: le matin, le soir, après midi et après minuit, aux heures précises où l'oscillation périodique ramène le *maximum* d'élévation et d'abaissement, lorsqu'elle n'est point troublée par les variations accidentelles du baromètre. On conçoit que ces conditions ne sont pas faciles à remplir dans nos climats où des changemens de temps aussi subits que fréquens déguisent continuellement l'étendue des marées barométriques et l'époque de leur retour. J'ajoute, et l'examen de la variation diurne en fournira la preuve, j'ajoute que la moyenne pression ainsi déterminée ne

nous apprend rien de positif sur la pesanteur réelle de la masse d'air soumis à l'expérience, parce qu'il s'en faut beaucoup qu'elles soient toujours proportionnelles, et qu'ordinairement même elles diffèrent trop entre elles pour que l'une puisse être considérée comme la mesure de l'autre.

Mais on n'aura ni la pesanteur moyenne ni la moyenne pression, si l'on emploie le procédé non moins assujétissant et beaucoup plus défectueux qui consiste à noter chaque jour la plus grande et la moindre élévation du mercure, aux heures quelconques où le caprice du temps amène ces extrêmes. Au lieu d'un élément variable on en a deux, la part de l'heure et celle de l'accident. C'est se créer de propos délibéré une difficulté de plus, et prolonger indéfiniment la période de temps où les compensations doivent se consommer. D'ailleurs les moyennes barométriques, déduites de pareilles observations, ne pourront jamais servir à déterminer exactement les différences de niveau; car le coefficient de la formule n'est et ne peut être fixé que pour une certaine heure, à l'exclusion de toutes les autres, et l'influence des heures qui lui sont étrangères a tant de diversités, que l'on parviendrait difficilement à connaître la modification qu'il faudrait lui faire subir pour l'assortir à cette combinaison mixte d'heures diversement agissantes.

Rechercher, dans nos climats, la moyenne absolue des hauteurs barométriques, est une entreprise de longue haleine et très-indifférente à la mesure des hauteurs. Une méthode moins exacte, mais dont on connaît au juste le défaut, a de l'avantage sur des méthodes en apparence plus exactes, et qui exposent cependant à des erreurs dont on ne peut juger l'étendue. Il est donc plus raisonnable de se contenter d'une évaluation simplement relative et comparable de la pression moyenne de l'atmosphère, surtout si le but peut être atteint par un procédé facile, si, en outre, les résultats de ce procédé sont fort approchans de ceux que l'on

obtiendrait du procédé rigoureux, et si à tous ces avantages il réunit celui de fournir une base solide à la détermination des différences de niveau.

On satisfait pleinement à ces conditions au moyen d'une suite d'observations faites exclusivement à midi. Alors il n'y a de variable que la part des modifications accidentelles de l'atmosphère; la quantité qui appartient aux oscillations horaires devient une constante du calcul. Non seulement cette méthode est expéditive et commode, mais elle est encore la plus sûre; non seulement elle fournit des résultats comparables entre eux, mais l'élévation du mercure, prise un grand nombre de fois au moment de la culmination du soleil, est à si peu de chose près moyenne entre les variations de la journée, que l'on peut sans erreur sensible, en conclure la pression de l'atmosphère, et il ne reste plus rien à désirer pour faire entrer cette évaluation en comparaison avec toutes celles qu'on se serait procurées en divers lieux, de la même manière, si l'on a eu l'attention d'y joindre de part et d'autre la moyenne température, non de la journée, mais de l'heure même où le baromètre a été observé.

Je sais bien que plusieurs physiciens ont révoqué en doute la nécessité d'une correction pour la température de l'air, lorsqu'il s'agit de comparer des moyennes pressions conclues d'un nombre très-considérable d'observations, et que la plupart des autres ont cru y satisfaire en associant entre elles des moyennes du baromètre et du thermomètre qui ne s'appartiennent point par l'identité de l'heure où leurs élémens ont été recueillis; mais je ne saurais me persuader que le concert des opérations soit moins requis et la correction elle-même moins indispensable pour une longue suite d'observations que pour chacune de celles qui la composent. Si l'air est un fluide qui se comporte à la manière des autres fluides, si ses couches tendent à l'équilibre, si sa surface cherche le niveau, si ses colonnes s'égalisent entre elles à mesure que le froid les contracte ou que le chaud les prolonge,

certes deux de ces colonnes, prises l'une au pôle et l'autre à l'équateur, différeront en poids comme elles diffèrent en température, et l'on ne saurait se passer, dans les comparaisons, de la connaissance d'un fait qui approprie les observations du baromètre au climat, à la saison et à l'heure même qui les ont fournies.

Tels sont les principes qui ont dirigé mes opérations. J'ai dû les exposer, soit pour établir le degré de confiance qu'elles peuvent mériter, soit pour les soumettre à l'examen et à la critique des physiciens qui seraient tentés de se livrer à un semblable travail. Ces considérations m'autorisent à entrer de même dans le détail de mes procédés.

Si j'avais eu pour objet la détermination de la pression absolue de l'atmosphère, le baromètre à siphon était celui dont je devais adopter l'usage. Il est le seul qui donne la hauteur réelle de la colonne de mercure, lorsque ses deux branches sont d'égal diamètre, et cet avantage résulte de ce que les effets de la capillarité se compensent aux deux extrémités de la colonne. Mais cet instrument a l'inconvénient d'être d'un entretien difficile et d'un transport hasardeux, nonobstant les diverses améliorations que Saussure y a faites. Je me suis donc contenté de bons baromètres à cuvette, exécutés par Fortin. La structure en est moins compliquée et le transport très-facile. Leur unique défaut est de tenir le mercure un peu au-dessous de sa véritable hauteur, parce que l'action capillaire qui abaisse le sommet de la colonne n'a point de compensation dans la cuvette, où elle devient insensible. Mais comme il s'agissait seulement d'une détermination relative, l'erreur me devenait indifférente.

Le baromètre qui a été jusqu'à présent consulté à l'Observatoire, et qui m'a servi de terme de comparaison, est de même à cuvette, et il a un défaut de plus : la rectification du niveau s'y opère par émersion. Dans les instrumens où des pareils artifices sont employés, la rapidité plus ou moins grande avec laquelle le mercure superflu s'échappe, décide de l'élévation du niveau.

En effet, les molécules de ce liquide s'attirent mutuellement. Si l'écoulement est lent, une partie de celles qui devraient demeurer dans le réservoir sont entraînées de proche en proche par celles qui en tombent. Est-il rapide? alors la célérité de la chûte surmonte l'attraction des molécules, déchire la nappe de mercure et laisse en arrière la couche de liquide dont un écoulement mieux gradué aurait sollicité la descente. Au reste, comme la main de l'homme est toujours le plus fidèle des instrumens, les irrégularités que l'on remarque dans la marche d'un pareil baromètre, cèdent à l'habitude que l'on contracte à la longue de le traiter toujours de même. M. Bouvard consulte le sien plusieurs fois par jour. L'uniformité du maniement détermine celle des résultats, et le soin avec lequel nous avions comparé nos instrumens, les rendait pour nous parfaitement comparables.

M. Bouvard m'a fait passer régulièrement ses observations de midi, et y a joint, à ma prière, celles d'un thermomètre intérieur destiné à corriger la température du baromètre.

J'ai de même observé à midi, et la distance où Clermont se trouve du méridien de l'Observatoire est assez petite pour que nos observations puissent être regardées comme simultanées. Mais je n'en aurais pas usé autrement quand j'aurais été éloigné de Paris en longitude autant que je l'étais en latitude; car, sous un ciel différent, l'exacte parité des circonstances ne se rencontre dans aucun instant de la journée, et cet heureux concours de l'identité de l'heure et de la conformité des accidens, qui constitue l'avantage des observations faites à proximité, ne peut être remplacé, pour celles qui se font à de grandes distances, que par la similitude de la circonstance qui domine ou modifie toutes les autres, savoir, la position du soleil relativement à l'horizon du lieu.

Je n'ai point prolongé indéfiniment le cours de mes observations. L'expérience m'a appris que chaque mois, chaque saison, influe sur les instrumens à sa manière. Il était naturel de regar-

der la révolution des quatre saisons comme un cycle où la plupart des compensations devait s'opérer, et je me suis convaincu qu'en effet la durée d'une année ne pouvait être arbitrairement restreinte ou étendue, sans faire prédominer dans le résultat le caractère distinctif des saisons qui l'auraient exclusivement fourni ou qui s'y trouveraient plus souvent représentées. Le seul moyen de pousser plus loin l'approximation et de corriger l'erreur de l'année, était donc de recourir à une période de même espèce, et d'ajouter une seconde année d'observations à la première. C'est ce que j'ai fait, et la marche des opérations a confirmé la justesse de cette règle.

La première année a commencé le premier juillet 1806. Elle devait finir le 30 juin 1807; mais les observations ayant souffert quelques interruptions durant la belle saison, il a fallu les continuer jusqu'au 21 août pour compléter la part de l'été. Ainsi, dans l'espace d'un peu plus de treize mois et demi, il a été fait trois cent cinquante-six observations, réparties entre les quatre saisons en nombre à peu près pareil.

La seconde année a commencé le 6 octobre 1807 et fini le 5 octobre 1808. Celle-ci est complète et m'a fourni trois cent soixante-six observations.

Les observations de Paris sont en même nombre et correspondent aux mêmes jours, en sorte que les pressions atmosphériques comparées, sont comparables jusque dans les derniers élémens qui concourent à l'expression moyenne.

Je les ai toutes calculées une à une. Il est presque inutile de dire que les deux stations étant éloignées de trois degrés en latitude, c'est à la latitude intermédiaire que j'ai dû rapporter la correction pour la variation de la pesanteur dans le sens du méridien. Je l'ai donc corrigée pour le quarante-septième degré nonagésimal, qui s'éloigne fort peu du parallèle moyen entre Paris et Clermont. Quant à la diminution de la pesanteur dans le sens vertical, la correction est suffisamment comprise dans le

le coefficient qui convient à ce parallèle, en supposant celui du quarante-cinquième degré égal à 18393 mètres, et je n'ai point cru nécessaire de recourir à la méthode exacte pour le grand nombre de calculs que j'avais à faire, puisque à compter du niveau de la mer jusqu'à une élévation de trois à quatre mille mètres, l'erreur de la méthode expéditive que j'ai proposée demeure renfermée dans de petites fractions du mètre, c'est-à-dire au-dessous des moindres erreurs de l'observation.

Voici le résultat des deux années, les hauteurs du baromètre étant réduites à la température 12°5 du thermomètre centigrade, et la température de l'air exprimée en degrés du même thermomètre :

	PARIS.		CLERMONT.		HAUTEUR déduite.
	BAROM.	THERM.	BAROM.	THERM.	
	Millimètres.	Degrés.	Millimètres.	Degrés.	Mètres.
1re année. 356 jours.	757.22	+ 14.3	727.80	+ 14.0	334.39
2e année. 366 jours.	758.07	+ 13.5	727.87	+ 13.1	341.95
Pour 722 jours.	757.651	+ 13.89	727.835	+ 13.54	338.23

Je m'arrête à ce résultat. Il est fondé sur un nombre d'observations assez considérable pour que celles d'une troisième année ne puissent y apporter des changemens bien sensibles. Il ne s'agit plus que de s'assurer s'il exprime réellement l'élévation de ma station au-dessus des salles de l'Observatoire où les baromètres sont placés. Le moyen de vérification consiste à faire entrer cette quantité dans la hauteur absolue que M. Delambre attribue au Puy-de-Dôme.

Il faut d'abord fixer l'élévation des salles de l'Observatoire au-dessus des moyennes eaux de l'Océan. Nous avons diverses évaluations. Celles de Picard et Pitot, consignées dans les

Mémoires de l'Académie pour 1703 et 1730, sont regardées comme un peu trop fortes. Cette hauteur au reste se compose de deux parties, savoir, celle de l'Observatoire au-dessus de la Seine, et celle de la Seine au-dessus de la mer. La première est admise sans contestation, et la salle des baromètres passe depuis long-temps pour être élevée de 23 toises ou 44.83 mètres au-dessus des moyennes eaux de la Seine au pont de la Tournelle. Quant à la pente de la Seine, je la trouve établie d'une manière assez concordante par deux procédés très-différens. Elle est de 103 pieds 6 pouces ou 33.62 mètres, à compter du même pont de la Tournelle, suivant un nivellement exécuté par M. Capron, ingénieur du canal de Dieppe, et rapporté dans la *Connaissance des temps* pour l'an 11. Cette même pente serait de 30.83 mètres, selon le calcul de Biot qui la déduit d'observations barométriques. (Voyez son *Astronomie*, tome I[er], page 145.) Ces deux évaluations ne diffèrent pas de 3 mètres. La première porterait à 78.45 mètres et la seconde à 75.66 l'élévation de la salle des baromètres au-dessus des moyennes eaux de l'Océan. Mais les opérations de M. Delambre tendraient à diminuer cette hauteur. D'après ses calculs, qui sont fondés sur une suite de distances au zénith, le parapet de l'Observatoire est à 44.37 toises au-dessus des moyennes eaux de la mer à Dunkerque, et le toit de l'escalier est à 44.41 au-dessus des mêmes eaux. Ces deux mesures ne sont pas parfaitement d'accord, mais la différence entre elles est fort petite. M. Bouvard qui a mesuré avec un soin extrême l'élévation du parapet et du toit au-dessus du pavé de la grande salle de la méridienne, trouve l'une de 14.005 mètres ou 7.186 toises, et l'autre de 16.525 mètres, ou 8.48 toises; d'où il suit que la première opération donne pour la hauteur absolue de la salle de la méridienne 37.184 toises, et la seconde 35.93 toises. La moyenne est 36.56 toises ou 71.257 mètres. Enfin M. Bouvard a mesuré avec le même soin l'élévation du pavé de la salle de la méridienne au-dessus de celui de la salle des baromètres :

il l'a trouvée de 7.25 mètres. Elle se réduit à 6.43 mètres pour la cuvette du baromètre, qui est à 0.82 au-dessus du sol. Donc l'élévation absolue du baromètre de l'Observatoire, déduite des opérations de M. Delambre, serait de 64.83 mètres seulement.

Je prends un milieu entre les trois évaluations.

	Mètres.	Toises.
Élévation absolue de la salle des baromètres, conclue du nivellement.	78.45	40.25
La même, conclue des observations barométriques	75.66	38.82
La même, déduite des distances au zénith.	64.83	33.26
Milieu entre les trois évaluations	72.98	37.44
Élévation relative de ma station.	338.23	173.54
Élévation absolue de ma station.	411.21	210.98
D'un autre côté, huit observations barométriques fort concordantes m'ont donné pour la hauteur du Puy-de-Dôme au-dessus de ma station.	1066.16	547.02
Élévation absolue du Puy-de-Dôme, déduite de mes calculs . . .	1477.37	758.00

Confrontons actuellement cette mesure avec la hauteur que les opérations trigonométriques de M. Delambre assignent à cette même montagne. Je trouve dans les notes qu'il a eu la bonté de me communiquer, qu'une première opération la portait à 766 toises, mais il la rejette comme suspecte. Deux autres opérations qui sont parfaitement d'accord, réduisent cette même hauteur à 755.8, 757.2, 758.6 toises, suivant qu'il suppose la réfraction égale à 0.075, 0.080, 0.085 de l'arc de distance terrestre. M. Delambre penche pour la seconde appréciation. Mais un doute s'élève dans l'esprit de notre savant confrère : il a cru reconnaître une erreur de 46 toises sur la distance déterminée par les opérations de la méridienne vérifiée. L'erreur ou son apparence pourrait provenir de ce qu'à l'une ou l'autre époque des observations, le signal n'aurait pas été placé exactement au point le plus élevé de la montagne. La configuration du sommet et la situation du signal actuel justifient cette conjecture, et me porteraient même à penser que jamais ces signaux n'ont été placés au point le plus élevé. Or, dans le cas où l'erreur de

distance serait réelle, sa conséquence serait d'abaisser d'environ 2 toises chacune des hauteurs calculées dans les trois hypothèses de réfraction. L'élévation absolue du Puy-de-Dôme admet donc encore une incertitude de 5 toises, sans compter l'erreur qu'un nivellement opéré à l'aide des distances au zénith pourrait avoir introduite dans la hauteur assignée à la base même de l'opération. Mon évaluation trouve sa place dans cette limite, et il en serait encore de même dans toutes les suppositions que je pourrais former relativement à l'élévation absolue des salles de l'Observatoire, seul élément indécis de mes calculs. Si je me réduis uniquement à l'évaluation de M. Delambre, la hauteur du Puy-de-Dôme est de 754.3 toises; elle serait de 759.3 si je n'admettais que le calcul de Biot. Enfin, quand même je ferais concourir les mesures de Picard et de Pitot, cette même hauteur ne s'élèverait encore qu'à 760 toises. Mon élévation au-dessus de l'Observatoire paraît donc bien établie; je puis compter raisonnablement sur la hauteur absolue que j'attribue à ma station, et au milieu des petites incertitudes qui affectent également les deux procédés, il est clair que la mesure barométrique lutte sans désavantage avec la mesure géométrique.

Assuré maintenant de mon point de départ, j'ai déterminé la hauteur des principaux points de la ville de Clermont, en fesant faire le nivellement du monticule sur lequel cette ville est bâtie. Ce nivellement, exécuté par M. Cournon, ingénieur en chef du département, m'a fait connaître l'élévation du sommet au-dessus de mon cabinet, et de mon cabinet au-dessus du seuil de l'ancien couvent des Minimes, lieu remarquable par la fameuse expérience de Pascal et ensuite par les opérations de Cassini.

Un autre nivellement m'a donné l'élévation du seuil des Minimes au-dessus des basses eaux de l'Allier, prises au *Pont-du-Château.*

J'ai ensuite porté le baromètre sur les points les plus inté-

ressans des environs de Clermont. On trouvera à la fin de ce mémoire le résultat de ces diverses opérations. Cette partie de mon travail pourra s'étendre peu à peu sur tout le département, et méritera peut-être quelque attention par le soin que j'ai pris de disposer l'indication des hauteurs dans l'ordre le plus propre à faire ressortir les principaux faits géologiques. Je ne puis répondre de toutes ces hauteurs à 2 ou 3 mètres près, attendu que plusieurs n'ont été mesurées qu'une fois et ne l'ont pas été dans les temps les plus favorables; mais je suis certain que l'erreur est toujours fort petite et bien au-dessous de celle des mesures qu'on nous a jusqu'à présent données.

Au reste, si les hauteurs de Cassini sont excessives, il ne serait pas juste d'en accuser ses opérations géométriques; et, par exemple, il n'a guère exagéré celle du Puy-de-Dôme en la fixant à 560 toises au-dessus de la terrasse des Minimes. Ce n'est qu'environ 18 pieds de trop, à quoi l'on doit, il est vrai, ajouter encore 4 à 5 pieds, parce que la partie du sommet qui est visible de Clermont, paraît être inférieure de cette quantité au point le plus élevé de la montagne. Or cette erreur s'explique facilement par l'effet de la réfraction, dont on ne tenait point compte au temps de cet illustre académicien; et d'ailleurs il ne paraît pas que ses instrumens fussent assez exacts pour répondre d'une minute dans la mesure des distances au zénith. Mais lorsqu'il assigne à cette même montagne une élévation de 818 à 820 toises, on serait en peine de savoir à quoi attribuer une erreur en excès de 60 toises, si l'on ne connaissait la marche qu'il a tenue pour déterminer la hauteur du sol même qui servait de base à ses opérations. C'est sur cette hauteur que porte en entier la méprise, et elle est encore une conséquence de la réfraction, qui, négligée à chaque station, n'a cessé d'agrandir progressivement l'erreur dont elle était l'origine. Cette erreur, il ne pouvait l'éviter, et il n'a pu la reconnaître à cent lieues du point d'où il était parti. Elle l'a donc poursuivi

partout, et elle explique de même l'excès de hauteur qu'il attribue au Mont d'Or, au Puy-Violan et au Cantal.

Le baromètre, même superficiellement observé, ferait difficilement de pareilles fautes, et du moins il les redresserait bien vite, puisqu'on ne saurait se tromper long-temps de 4 ou 5 lignes sur l'élévation moyenne du mercure. Ce n'est pas un petit avantage de notre méthode que celui de réduire les écarts possibles des mesures à des limites qu'ils ne peuvent outrepasser. On vient de voir aussi que la précision ne lui est point étrangère, puisque le baromètre a suffi pour déterminer très-exactement une médiocre différence de niveau entre deux points éloignés de plus de quatre-vingts lieues. Ce résultat m'a paru d'autant plus propre à intéresser la classe, qu'il a la sanction d'opérations géométriques également imposantes par leur objet et par l'autorité des savans qui y ont concouru; comme, dans l'observation de baromètres correspondans, un grand éloignement est la plus défavorable des circonstances, l'exemple que je produis est aussi le plus concluant qu'il soit possible de proposer pour justifier l'espérance que l'on a conçue d'appliquer utilement les observations météorologiques au nivellement de nos plaines.

Il me reste maintenant à prouver qu'on espèrerait en vain atteindre au même degré d'exactitude en s'affranchissant des règles que je me suis prescrites, et qu'on n'obtiendrait que de grossières approximations en suivant l'ancienne routine des observations barométriques. Je mettrai cette vérité dans tout son jour en traitant successivement de la variation diurne et des variations accidentelles du baromètre, de l'influence que le climat, les heures et les saisons exercent sur l'élévation du mercure, de la nature des modifications de l'atmosphère qui troublent la marche des instrumens, des erreurs que ces circonstances introduisent dans la mesure des hauteurs, et des limites assignées à l'emploi légitime de nos formules par la supposition même sur laquelle elles sont construites.

SECONDE PARTIE.

Variation diurne du baromètre.

Si le résultat final de mes obervations m'a donné exactement la différence de niveau qui était l'objet de mon travail, on doit croire que ce n'est pas sans avoir opéré la compensation d'un grand nombre d'erreurs, et que les observations journalières ont présenté de fréquentes et fortes divergences dans tous les sens.

La distance qui séparait les deux baromètres a sans doute augmenté ces écarts; mais pour être ordinairement moins considérables dans les observations faites à proximité, ils n'en sont cependant ni moins nombreux ni moins remarquables; et en effet, quelque petite que soit la distance horizontale, et quelque attention que l'on apporte de part et d'autre aux détails de l'opération, on ne saurait la répéter à diverses reprises et mesurer plusieurs fois la même hauteur, sans trouver des différences qui excèdent de beaucoup celles que l'on pourrait imputer à l'imperfection des instrumens ou à l'erreur de l'observation.

Ces différences appartiennent aux modifications que la colonne d'air a secrètement subies; elles signalent des variations plus obscures et plus cachées qui échappent aux conditions de la formule, et cette manifestation d'un désordre inaperçu ne laisse pas de devenir fort intelligible du moment où l'on réfléchit sur la marche des instrumens qui ont concouru à la produire.

D'abord la cause générale des erreurs est facile à reconnaître. La mesure des différences de niveau repose sur la supposition que l'air est tranquille et que rien ne trouble le décroissement régulier de la pression et de la température : toute rupture d'équilibre met la mesure en défaut.

Si ensuite on s'applique à classer et comparer les divers écarts d'une même mesure, on s'aperçoit bientôt qu'ils se rapportent à certaines circonstances de temps, à certaines dispositions de l'atmosphère qui ne se reproduisent presque jamais sans ramener à peu près les mêmes erreurs. Ainsi les hauteurs déduites des observations sont généralement plus fortes vers le milieu de la journée que le matin et le soir, l'été que l'hiver, dans les jours chauds et sereins que dans les jours froids et couverts, par tels vents que par tels autres, et durant les fortes ascensions du baromètre que durant ses grands abaissemens; en sorte qu'en dernière analise il y a un rapport très-marqué entre la variation des mesures obtenues à l'aide du baromètre et les oscillations soit périodiques soit accidentelles du mercure.

Ce rapport ne serait-il qu'apparent, et n'est-il pas plus probable, au contraire, que les deux faits se tiennent par la relation qui existe entre les diverses manifestations d'une seule et même action générale? L'explication enfin de l'un de ces deux effets ne mettrait-il pas sur la voie de l'explication de l'autre? Voilà ce que je vais tâcher d'éclaircir en examinant les variations horaires et accidentelles du baromètre.

Je commence par les variations horaires, et j'exposerai d'abord l'idée que je me suis faite de ce phénomène, sauf à voir ensuite jusqu'à quel point les faits justifient cette idée.

Supposons l'air dans un parfait repos et ses couches rangées de bas en haut, dans l'ordre des densités que leur assigne le décroissement régulier de la pression et de la température: le baromètre serait immobile; mais cet état ne pourrait subsister qu'un intant. La révolution diurne du soleil, en échauffant successivement diverses parties de la terre, suffirait pour exciter dans l'atmosphère des dilatations et des contractions alternatives qui se feraient apercevoir dans les oscillations du mercure. La révolution annuelle de cet astre combinerait ensuite son action

action avec celle qui détermine la variation journalière, et la diversité des climats modifierait d'une manière propre à chacun les effets de ces causes générales.

Dès lors le mouvement est imprimé, et il n'y a plus de terme aux agitations de l'océan aérien; ses colonnes, diversement échauffées et refroidies, se repoussent, s'attirent, retombent les unes sur les autres: les vents naissent; le poids de l'air varie pour chaque lieu, à chaque instant, et la balance barométrique oscille dans tous les sens. Cependant chaque effet partiel survit à sa cause, chaque mouvement se prolonge au-delà du terme où cesse l'action du moteur. Le lendemain ne retrouve plus les combinaisons de la veille, et l'année qui commence ne saisit les phénomènes que modifiés par l'année qui finit. Ainsi les mêmes influences se renouvellent sur des élémens autrement disposés; les événemens se croisent, se compliquent, se multiplient. Les années se ressemblent peu; les saisons ne se ressemblent plus. Partout surviennent des variations soudaines que nous appelons accidentelles, parce qu'elles sont imprévues; irrégulières, parce que nous ne pouvons suivre l'enchaînement des circonstances qui les ont préparées; variations tout aussi bien coordonnées entre elles que les premières causes dont elles sont les conséquences éloignées, mais que l'inquiétude humaine s'efforce de soumettre à la vaine science des présages, parce que les cycles qui en amènent le retour embrassent des durées dont l'observation n'a pu mesurer l'étendue.

Cependant, quelles que puissent être ces variations, et quelque distante que soit leur origine, l'heure, la saison, le climat, exercent toujours sur elles l'influence actuelle et dominante de l'instant et du lieu, qui en étend ou resserre les limites. Tout anomales qu'elles paraissent, elles n'en renferment pas moins la part de la variation diurne, de la variation annuelle, de

la variation locale, comme les tempêtes de l'Océan renferment l'effet des marées; et quoiqu'au milieu du désordre qui accompagne les oscillations accidentelles du baromètre, on n'ait encore aperçu distinctement que la première de ces variations périodiques, je ne doute pas que les autres ne finissent par se manifester à l'observateur assez patient pour entreprendre la longue suite d'observations qu'exige le dégagement de ces inconnues.

L'opinion qui consiste à regarder la variation diurne comme comprise dans les variations accidentelles, est la base de toutes les recherches que l'on peut entreprendre dans nos climats pour en évaluer l'étendue. Cette idée au reste n'est pas rigoureusement juste, et nous verrons que les agitations irrégulières de notre atmosphère ne déguisent pas les oscillations horaires sans y apporter en même temps quelques modifications; mais il n'en faut pas moins partir de la supposition absolue pour recueillir les faits qui serviront ensuite à la restreindre.

J'ai essayé de déterminer exactement pour nos climats la variation diurne: j'ai obtenu des résultats en général fort analogues à ceux que M. de Humboldt a rapportés de l'équateur. Durant les beaux temps et quand rien ne trouble l'équilibre de l'atmosphère, le baromètre est le matin à sa plus grande hauteur; il descend un peu dans la matinée et davantage dans le courant de l'après-midi : il remonte le soir; mais n'atteint pas ordinairement à la hauteur du matin, et redescend bientôt pour remonter de nouveau après minuit, et regagner peu à peu le *maximum* de son élévation. La régularité de ce mouvement est souvent altérée par les variations accidentelles; mais il est plus rare qu'il en soit entièrement masqué, et on le reconnaît distinctement les trois quarts de l'année. Quand il se dérange, c'est plus ordinairement le matin que le soir. Ainsi l'ascension du soir est plus constante que l'abaissement de la journée, et l'abaissement de l'après-midi plus constant que celui du matin; d'où

il suit que, dans une longue série d'observations journalières, la moyenne barométrique du soir égale souvent celle du matin et lui est quelquefois supérieure.

Les dérangemens que la variation diurne éprouve, s'annoncent par la prolongation de la période qui est dans le sens de la variation accidentelle. L'abaissement commence plutôt et finit plus tard quand le baromètre tend à baisser, et l'ascension périodique devance son retour et recule son terme lorsque le baromètre tend à monter. Enfin la variation diurne disparaît quand l'extension que reçoit la période favorisée est telle qu'elle efface totalement les limites de la période intermédiaire. Ces perturbations sont le signe le plus certain des changemens de temps; mais, pour profiter du présage, il faut être en état de discerner l'instant où la variation horaire commence à être en défaut; ce qui ne peut avoir lieu qu'autant que l'on connaît d'avance son étendue exacte et l'époque précise de ses retours.

Plusieurs observateurs se sont occupés du soin de déterminer les circonstances du phénomène. Ils diffèrent presque tous entre eux, et ils peuvent avoir de bonnes raisons pour n'être point d'accord. Je crois que cette diversité d'opinions tient beaucoup moins aux erreurs de l'observation qu'à l'essence même des marées barométriques.

M. Cotte, que l'on peut assurément citer avec confiance, pense que le *minimum* de l'élévation du mercure correspond à deux heures après midi (1). Cependant les observations très-nombreuses que j'ai faites, soit dans les Pyrénées, soit en Auvergne, me persuadent que ce moment est un peu plus éloigné de celui de la culmination du soleil.

M. de Lacondamine a fixé le *maximum* et le *minimum* à neuf heures du matin et à trois heures du soir. Cette déter-

---

(1) Humboldt, *Géographie des plantes*, p. 94.

mination est bien plus conforme à celle qui résulte de ma propre expérience; mais au temps de cet illustre académicien les instrumens et les méthodes n'étaient pas assez perfectionnés pour que j'ose me prévaloir de son autorité.

M. de Humboldt a fait un grand nombre d'observations de ce genre dans la partie du monde où l'état habituel de l'atmosphère leur est le plus favorable. Il trouve de même le *maximum* à neuf heures du matin; mais l'époque du *minimum* lui paraît répondre à quatre heures ou même quatre heures et demie après midi; le *maximum* du soir à onze heures, et le *minimum* du matin à quatre heures et demie après minuit. Les époques de ces variations horaires sont les mêmes, dit-il, soit sur les côtes de la mer du sud, soit dans les plaines de la rivière des Amazones, soit dans des lieux élevés de 4000 mètres, et elles lui ont paru indépendantes des changemens de température et des saisons (1).

Quant à l'étendue de ces oscillations, il la fixe comme il suit, le terme moyen étant désigné par z, et la variation exprimée en fractions de ligne : à neuf heures du matin, $z + 0.5$; à quatre heures après midi, $z - 0.4$; à onze heures du soir, $z + 0.10$; à quatre heures du matin, $z - 0.2$. ce qui donne pour l'abaissement du jour 0.9, pour l'ascension du soir 0.5, pour l'abaissement de la nuit 0.3, pour l'ascension du matin 0.7; et dans l'exemple particulier que M. de Humboldt présente ensuite, on remarque une variation encore plus forte, car elle excède une ligne dans tous les sens.

De mon côté, je trouve que les heures de la variation diffèrent suivant les saisons; que, pour l'hiver, elles sont, à très-peu de chose près, neuf heures du matin, trois heures après midi et neuf heures du soir; qu'en été, l'abaissement paraît commencer dès huit heures du matin, se prolonger jusqu'à quatre

(1) Humboldt, *Géographie des plantes*, p. 91.

heures, et ne recommencer qu'à dix ; et que, durant le printemps et l'automne, les heures tropiques sont intermédiaires et inclinent plus ou moins vers celles de l'hiver et de l'été, suivant la température de la saison et l'état du ciel ; mais, dans cette transition, l'influence de huit heures du matin est la première en défaut, et fait promptement place à celle de neuf heures ; celle de dix heures du soir se dément un peu plus tard, et enfin celle de quatre heures après midi prévaut encore quelque temps sur celle de trois heures, lorsque les deux autres ont déjà perdu leur empire. Au reste il s'en faut bien que l'instant où le baromètre commence à baisser ou à monter soit nettement tranché ici comme il l'est sous la zone torride. Le mercure passe d'un mouvement à l'autre par degrés insensibles, et il y a toujours une petite période d'immobilité, aux approches de laquelle la part de la variation est si peu de chose, qu'en adoptant uniformément pour le printemps et l'automne les heures exactement intermédiaires entre celles de l'hiver et de l'été, on ne risque pas de faire une erreur de sept ou huit centièmes de millimètre sur l'étendue réelle de la variation moyenne.

Comme j'observe seul, il m'a été impossible de déterminer la variation nocturne avec une exactitude satisfaisante ; car, dans nos climats, des mois entiers d'observations assidues ne suffisent pas pour limiter des quantités qu'une seule nuit de l'équateur offre dans toute leur pureté. J'estime cependant que l'heure critique qui suit minuit est à douze heures de distance de celle qui suit midi, c'est-à-dire vers trois ou quatre heures du matin, suivant la saison.

Voici le résultat de mes observations pour Clermont. Je prends pour terme de comparaison l'heure de midi, où la hauteur du baromètre ne diffère guères chez nous d'un milieu pris entre les observations de la journée. J'exprime ce

terme par *m*. Trois mille deux cent quatre-vingt-une observations me fournissent les quantités suivantes:

	Matin.	Midi.	Après-midi.	Soir.	Abaissement.	Ascension.
	Première année, 1216 observations.					
	Millimètres.		Millimètres.	Millimètres.		
Printemps	$m+0.50$	m	$m-1.04$	$m+0.40$	1.54	1.44
Été	$m+0.37$	m	$m-0.51$	$m+0.40$	0.88	0.91
Automne	$m+0.42$	m	$m-0.92$	$m+0.23$	1.34	1.15
Hiver	$m+0.38$	m	$m-0.85$	$m+0.30$	1.23	1.15
Première année .	$m+0.42$	m	$m-0.80$	$m+0.35$	1.22	1.15
	Seconde année, 2065 observations.					
Printemps	$m+0.39$	m	$m-0.72$	$m+0.33$	1.11	1.05
Été	$m+0.32$	m	$m-0.56$	$m+0.33$	0.88	0.89
Automne	$m+0.33$	m	$m-0.41$	$m+0.47$	0.74	0.88
Hiver	$m+0.37$	m	$m-0.36$	$m+0.36$	0.73	0.72
Seconde année. .	$m+0.36$	m	$m-0.51$	$m+0.37$	0.87	0.88
	Année moyenne, 3281 observations.					
Printemps. . . .	$m+0.45$	m	$m-0.85$	$m+0.36$	1.30	1.21
Été	$m+0.35$	m	$m-0.54$	$m+0.37$	0.89	0.91
Automne	$m+0.37$	m	$m-0.54$	$m+0.36$	0.91	0.90
Hiver	$m+0.38$	m	$m-0.46$	$m+0.33$	0.84	0.79
Année moyenne.	$m+0.38$	m	$m-0.60$	$m+0.35$	0.98	0.95

La première année ne mérite pas autant de confiance que la seconde, parce que les observations ont été moins nombreuses, surtout après-midi où elles ont quelquefois manqué de suite, et parce qu'il y a eu plus de tâtonnement dans le choix des heures. Malgré ces défauts, il est cependant remar-

quable qu'on y retrouve une marche fort analogue à celle de la seconde année; ce qui prouve que les principales circonstances du phénomène sont très-saillantes, même dans nos climats tempérés, et qu'il n'est pas très-difficile de les démêler.

Les résultats de la seconde année ont été obtenus, au contraire, après un examen attentif de la valeur des heures douteuses, et par des observations si constamment suivies, que, dans le cours de l'année entière, elles n'ont pas été négligées un seul jour.

Cependant, comme il n'y a entre les deux années d'autre différence essentielle que l'étendue de la variation, et comme cette différence peut tenir à leur constitution particulière, il m'a paru convenable de prendre un milieu entre les deux séries, et les moyennes que je présente sont rigoureusement calculées sur le nombre d'observations que chaque année, chaque saison et chaque partie du jour ont fourni à la comparaison.

La première remarque à laquelle ce tableau donne lieu est que, dans nos climats, l'abaissement de la journée se réduit à la moitié de celui qu'on observe à l'équateur. Si le phénomène est sous l'empire du soleil, cette différence n'a rien qui doive surprendre.

Je remarque ensuite que chez nous l'ascension du soir est à peu près égale à l'abaissement qui l'a précédée, tandis que sous les tropiques ces quantités diffèrent du simple au double. Ceci se rapporterait encore à la marche du soleil qui balance également pour nous les effets du chaud et du froid dont l'équateur et le pôle subissent les extrêmes.

Enfin, je trouve que l'étendue des oscillations et l'instant de leur retour varient avec les saisons de l'année. Sous l'équateur, M. de Humboldt n'a point aperçu cette variation, et c'est tout simple, puisque, de son aveu, l'influence des saisons

y est nulle (1). Il serait fort étonnant que, dans nos climats, où l'obliquité du soleil imprime aux diverses époques de l'année un caractère si distinctif, le phénomène des variations horaires demeurât étranger à des changemens dont la masse entière de l'atmosphère est si puissamment affectée.

A en juger cependant par analogie, ce serait ou l'été ou l'hiver qui aurait dû m'offrir la plus forte variation, et au lieu de l'observer dans l'une ou l'autre de ces saisons extrêmes, c'est au printemps que je la trouve. Mais comme le printemps est précisément la saison où le baromètre et le thermomètre éprouvent les variations les plus fréquentes, les plus soudaines et les plus considérables, tout ce que l'on peut raisonnablement inférer de cette apparente contradiction, est que les marées barométriques sont modifiées jusqu'à un certain point par les agitations accidentelles de l'atmosphère, et il se pourrait fort bien que l'étendue de ces marées fût en raison composée de la chaleur moyenne du climat et de l'intervalle compris entre les extrêmes du poids de l'air et de sa températnre.

Mais deux années suffisent-elles pour compenser tous les accidens qui troublent chez nous la variation diurne, et faire ressortir sans ambiguité ses véritables caractères? Voilà un doute qui ne peut être résolu que par des observations ultérieures; je n'ai donc garde de proposer les miennes comme décisives. Tout ce que je puis affirmer, c'est qu'elles ont été matériellement bien faites, et qu'on tenterait vainement de vérifier ou corriger ces premiers aperçus, sans apporter dans ce genre de recherches les soins minutieux que j'y ai mis. Les moindres négligences deviennent considérables quand il s'agit d'aussi petites quantités, et il serait fort inutile, par exemple, de chercher les traits caractéristiques du phénomène

(1) *Journal de physique*, juin 1808, p. 421.

dans

dans ces observations où la hauteur du mercure est notée sans égard à sa température, puisqu'il ne faut souvent que la part de la correction pour déplacer l'heure des marées et couvrir la variation toute entière.

Or, en attendant que l'on fasse mieux, il ne me paraît pas raisonnable de croire que la cause quelconque d'un phénomène météorologique agisse avec une énergie uniforme dans les diverses saisons de l'année et sur les différens points de la terre. Celui-ci dépend tellement du soleil que, de l'aveu de tout le monde, ses périodes sont marquées pour chaque méridien par le temps vrai ou la position de cet astre. C'est avoir avec sa marche trop de rapports pour n'en avoir point d'autres. Les dissentimens mêmes qui se sont élevés entre des observateurs dignes d'une confiance pareille, ajoutent à la probabilité de ma conjecture : on n'aurait pu différer autant dans la détermination des heures critiques et de l'étendue des oscillations horaires, si la saison et le lieu n'étaient les élémens variables des résultats obtenus ; et puisqu'enfin mes propres observations marchent dans le sens de ces vraisemblances et viennent à l'appui d'une théorie plausible, puisqu'elles établissent que l'étendue des oscillations est habituellement en raison de la marche du thermomètre, de l'irradiation solaire, de l'état du ciel, de la réverbération de la terre, il m'est permis de conclure, jusqu'à la preuve du contraire, que les marées barométriques ne sont indifférentes ni à la diversité des climats, ni à la succession des saisons; que l'astre qui les annonce est aussi celui qui les enfante, et que dans sa révolution il règle leur étendue comme il amène leur retour.

Considéré sous ce point de vue, le phénomène me semble se prêter à une explication fort satisfesante. Tandis que le soleil est à notre méridien, il échauffe la partie de la terre comprise entre le lieu de son lever et celui de son coucher apparent. Supposons que cet échauffement se rende sensible

depuis le cercle de neuf heures du matin jusqu'à celui de trois heures après-midi. L'air se dilate, et la surface de cette portion de l'atmosphère s'élevant au-dessus du niveau des couches voisines, se décharge sur elles de cet excédant. Le baromètre baisse; mais en même temps il monte nécessairement dans l'intervalle compris, d'une part, entre les cercles de trois et neuf heures du soir, et, de l'autre, entre ceux de trois et neuf heures du matin; car, dans ces deux intervalles, l'air est condensé par le froid du matin et du soir, la surface de l'atmosphère se déprime, et cette dépression se comble peu à peu par le déversement des couches excédantes des deux régions voisines. Ainsi le mouvement se propage de proche en proche et se communique à la partie de l'atmosphère qui est comprise entre les cercles nocturnes. Le baromètre baisse depuis neuf heures du soir jusqu'à trois heures du matin, parce que l'air a perdu de sa densité par la diminution du froid qui a lieu au milieu de la nuit, et de sa hauteur par le tribut que ses couches supérieures ont payé aux deux régions limitrophes.

Cette explication très-simple et très-naturelle atteint jusqu'aux moindres circonstances du phénomène; elle rend raison des petites différences que l'on observe entre les abaissemens du jour et de la nuit, entre les ascensions du matin et du soir; elle satisfait aux différences plus grandes qui existent entre les observations faites à des latitudes ou dans des saisons diverses. Je ne vois donc pas pourquoi l'on invoquerait le secours de l'attraction de la lune dont l'influence est si petite sur un fluide aussi rare, et qui d'ailleurs ne peut expliquer des oscillations périodiques dont les retours n'ont aucun rapport avec les positions de ce satellite. M. Mutis cependant croit que les conjonctions et les oppositions de la lune agissent sur les marées barométriques. Nous ne pouvons juger ses observations sans les connaître; mais M. de Humboldt n'a pu apercevoir cette action à l'équateur où les oscillations du baromètre se

réduisent pour ainsi dire aux seules variations horaires (1). En vain chercherions-nous à les démêler dans nos climats où les variations horaires sont à peine aperçues au milieu des variations accidentelles qui en déguisent incessamment la marche. Si de pareilles influences sont réelles; on doit croire qu'elles ne jouent dans le phénomène que le rôle subalterne d'incident, et les petites modifications qui leur appartiennent seront toujours des dernières qu'il sera possible de reconnaître et d'évaluer.

Au reste, dans tout ce qui précède, nous ne nous sommes appuyés que du témoignage d'un seul baromètre placé au bas de la colonne d'air, et il n'est pas douteux qu'un second baromètre placé à une certaine élévation dans la même colonne, n'ait quelque chose de plus à nous apprendre sur la nature de la modification qu'elle éprouve. L'expérience en est faite, et ses résultats sont remarquables : une longue suite d'observations de ce genre m'a appris que les formules appropriées à la mesure des différences de niveau, ne s'appliquaient exactement qu'à une heure déterminée; en sorte que le coefficient qui convient à l'heure de midi, donne toujours les hauteurs trop petites le matin et le soir, et trop fortes dans l'intervalle compris entre midi et trois heures. Ce fait est doublement précieux. D'abord la constance de l'effet prouve la constance de la cause : je l'ai observé par tous les temps, dans toutes les constitutions de l'atmosphère, et s'il appartient au jeu de l'oscillation diurne, il est certain que les variations horaires ne sont jamais supprimées en entier par l'intervention des variations accidentelles; ensuite, si l'erreur que l'on commet dans l'estimation de la différence de niveau, est précisément celle qui doit avoir lieu dans l'hypothèse où la variation diurne s'explique par la raréfaction et la condensation alternative de la colonne d'air, cette erreur de mesure

(1) *Géographie des plantes*, p. 93.

ajoute à la probabilité de la supposition, le surcroît d'une nouvelle preuve, et donne à la solution du problème le caractère de la démonstration rigoureuse.

Or voici comment je conçois ce dernier fait. Une colonne d'air ne peut s'échauffer, s'alonger et se répandre sur les colonnes voisines, sans s'alimenter à sa partie inférieure d'un courant latéral qui est attiré dans le sens de la moindre résistance; la colonne entière acquiert un mouvement ascendant uniforme. Mais la même quantité de mouvement imprimée à une suite de tranches graduellement plus rares, diminue leur pression en raison inverse de leurs densités : les tranches supérieures perdent proportionnellement une plus forte partie de leur poids que les inférieures, et le rapport des pressions est augmenté. Ce même rapport est diminué, au contraire, durant les heures où la colonne d'air se refroidit et se condense. Alors le mouvement devient descendant et ajoute au poids des tranches dans une proportion qui décroît à mesure que leur densité augmente. Dans le premier cas donc le baromètre supérieur est trop bas, dans le second il est trop haut, eu égard à la pression qu'indique le baromètre inférieur et à la température qu'accusent les deux thermomètres correspondans.

Je me trompe fort, ou ces considérations présentent sous un nouveau point de vue les observations d'après lesquelles MM. Toaldo, Polini et Carlini ont cru pouvoir conclure que la pesanteur moyenne de l'atmosphère tend à décroître (1). Je suppose que les observations comparées soient parfaitement comparables, que les instrumens aient eu constamment une marche fidèle, qu'on les ait toujours observés avec le même soin, et que des observateurs différens n'aient pas eu des méthodes d'observations différentes; je suppose, en un mot, ce que personne peut-être n'est en état de certifier; il reste encore à

(1) Humboldt, *Ansichten der natur*, Tome 1, p. 243.

savoir si les pays où ces observations ont été faites n'auraient pas subi, par des causes locales, quelque changement de température; si de nouvelles cultures, si des défrichemens, si la destruction des bois ou le desséchement des marais, n'auraient pas favorisé les effets de l'irradiation solaire et accru la vitesse des courans ascendans; car il suffirait d'une de ces circonstances pour que le baromètre fût descendu de sa hauteur sans que l'atmosphère eût perdu la moindre parcelle de sa substance et la plus petite portion de son poids.

Nous avons un grand et bel exemple de cette action à l'équateur, où M. de Humboldt a trouvé le baromètre d'une ligne plus bas qu'il ne paraît être au niveau de nos mers d'Europe. L'excès de chaleur de l'atmosphère des tropiques ne rendrait raison que d'un trente-cinquième environ de cette différence; point de doute que le reste n'appartienne aux courans ascendans qu'excite l'échauffement extrême de cette partie de la terre. C'est aussi l'avis de M. de Humboldt, qui s'exprime à ce sujet fort nettement dans son ***Essai sur les réfractions astronomiques*** (1). L'énergie de ces courans me paraît d'ailleurs démontrée par l'étendue des oscillations diurnes et par la petitesse de l'ascension du soir, comparativement à l'abaissement de la journée. Il y a même beaucoup de raisons de croire que, dans ces climats brûlans, l'ascension du soir et du matin est produite sans l'intervention des courans descendans, qui sont probablement étrangers à cette contrée, et seulement par la suspension passagère ou par le simple ralentissement du mouvement ascendant habituel.

Cette disposition de l'atmosphère équatoriale ne pouvait échapper à la sagacité de l'illustre voyageur que nous venons de citer. Il en parle en termes encore plus formels dans le nouvel

---

(1) *Journal de physique*, juin 1808, p. 421.

ouvrage dont il vient de publier le premier volume (1). Il attribue au courant ascendant l'élévation que les nuages affectent en passant au-dessus des plaines de sable fortement échauffées par l'ardeur du soleil. Ce courant les soulève et les empêche de se résoudre en pluie; ils se grouppent, au contraire, et se résolvent sur les montagnes herbeuses, parce que l'échauffement y est moindre et le courant vertical moins sensible. Enfin c'est encore, à son avis, le même courant vertical qui transporte certains corps légers jusque sur les plus hautes cimes, et il cite les papillons que Saussure et moi nous avons rencontrés parmi les glaces éternelles du Mont-Blanc et du Mont-Perdu.

Les nuages ne se comportent pas autrement chez nous, et ils éprouvent un balancement qui répond aux variations horaires du baromètre. On les voit ordinairement s'élever et se diviser vers le milieu du jour, se réunir et s'abaisser aux approches de la nuit. Quand même ce balancement ne serait pas occasionné par les courans verticaux, au moins il reconnaitrait une pareille origine et représenterait visiblement ce mouvement oscillatoire de l'atmosphère. Mais comme la vitesse qui suffit aux effets que ces courans produisent est trop petite pour tomber sous les sens, il aurait été difficile d'en démontrer rigoureusement l'existence sans le secours des erreurs qu'ils introduisent dans la mesure des hauteurs, et ces erreurs serviront encore à déterminer la quantité de mouvement dont ils sont animés, quand nous aurons assez d'observations de ce genre pour connaître précisément les limites dans lesquelles leur action se renferme.

J'ai été curieux de voir ce que m'apprendraient à ce sujet cinq ou six cents observations du matin et du soir que j'ai eu occasion de faire dans les Pyrénées. L'évaluation qu'elles m'ont fournie n'est qu'une approximation fort grossière, parce

(1) *Ansichten der natur.* Liv. I, p. 172, 205 et 232.

qu'elles ont été faites au sein d'une grande chaîne de montagnes où tous les vents prennent une direction oblique et deviennent eux-mêmes ascendans ou descendans, suivant l'aspect des pentes et le point du ciel d'où ils soufflent. Dans les lieux de cette espèce, l'effet des vents horizontaux déviés de leur plan se confond sans cesse avec celui des courans verticaux qui déterminent les oscillations horaires; et il n'est pas aisé de se mettre à l'abri de cette cause d'erreur, car il n'y a guère que les montagnes où l'on puisse faire en grand les observations destinées à corriger le coefficient, de l'influence des heures.

Quoi qu'il en soit, j'ai trouvé qu'abstraction faite des perturbations accidentelles qu'il m'a été possible d'apprécier, les erreurs qui dépendent de la variation diurne ne s'étendent pas à moins d'un quarante-huitième de la hauteur mesurée. Si donc le coefficient de la formule avait été approprié aux instans du jour où cet effet est nul, il ne faudrait que l'augmenter ou le diminuer d'un quatre-vingt-seizième pour en étendre l'usage aux heures où les courans verticaux sont au *maximum* de leur puissance. Mais notre coefficient appartient à l'heure de midi, et cette heure fait partie de la période où le vent est ascendant: il a subi à notre insu la correction que cette circonstance exige. Essayons d'évaluer cette correction. A midi, le baromètre n'a encore atteint que le tiers à peu près de son abaissement diurne: on peut supposer que le courant ascendant n'a que le tiers de sa vitesse, et la quantité dont le coefficient est affaibli, eu égard à cette circonstance, serait le tiers d'un quatre-vingt-seizième ou un deux cent quatre-vingt-huitième; les deux autres tiers formant un cent quarante-quatrième, constitueront la diminution que le même coefficient doit subir pour être approprié aux heures qui suivent la culmination du soleil; mais il faudra l'augmenter d'un quatre-vingt-seizième plus un deux cent quatre-vingt-huitième ou d'un soixante-douzième, pour satisfaire à l'influence des heures du matin et du soir où le courant descendant est

au *maximum* de sa force. Cette distribution de l'erreur totale entre les diverses parties du jour est jusqu'à présent d'accord avec mon expérience. Je me suis assuré que notre coefficient ne donne les hauteurs qu'un peu trop fortes entre midi et trois heures, tandis qu'il les donne considérablement trop faibles le matin, vers huit ou neuf heures, et le soir à neuf ou dix, et il m'a paru que la correction proposée faisait assez bien cadrer entre elles les mesures prises à ces différentes heures. Cette correction, au reste, est nécessairement variable comme les lieux et les saisons, et il n'est pas bien certain qu'elle soit la même pour les grandes et les petites hauteurs. Peut-être faudrait-il la diminuer pour les premières; j'ai cru le reconnaître, et cela porterait à penser que la vitesse des courans verticaux, au lieu d'être uniforme, comme je l'ai supposé, se ralentit ou s'accélère un peu à mesure qu'ils s'éloignent ou se rapprochent de la terre.

Une première conséquence à tirer de ces faits, est que la pression et le poids réel d'une colonne d'air sont deux choses fort distinctes, et que le baromètre indique l'une sans que de cette indication on puisse tirer des inductions certaines sur l'autre; que la pression est inférieure au poids dans les régions, les saisons et les heures où dominent les courans ascendans, qu'elle l'excède au contraire dans les temps et les lieux où les courans descendans sont plus habituellement régnans, et que si ces deux valeurs parviennent quelque part à se confondre dans la même expression, c'est vraisemblablement dans les régions tempérées où le cours des saisons finit peut-être par compenser les actions opposées des vents ascendans et descendans. Voilà une base logique pour comparer entre elles les moyennes hauteurs barométriques déterminées au niveau de la mer dans des climats différens, et cette comparaison pourra donner le rapport de la pression à la pesanteur, dans la supposition probable de l'égalité de hauteur des colonnes atmosphériques.

Une

Une seconde conséquence à tirer de l'action des courans verticaux, est que le coefficient adopté pour nos contrées doit exagérer sensiblement les hauteurs que l'on mesure dans les lieux où les courans ascendans ont plus de vitesse, et qu'il faut lui faire subir une diminution quelconque pour l'approprier à la mesure des hauteurs comprises entre les tropiques. Il faudra, au contraire, l'augmenter de quelque chose pour l'employer vers les contrées polaires; car on ne saurait douter que les courans descendans n'y soient aussi prédominans que les courans opposés le sont au voisinage de l'équateur. Si la valeur de ces corrections était empiriquement établie par des suites d'observations exactes et faites dans des circonstances judicieusement choisies, elle fournirait encore un élément précieux au calcul de la vitesse relative des courans verticaux et à la détermination du poids absolu de l'atmosphère.

Mais il y a plus : on ne saurait espérer que, dans nos propres climats, le même coefficient convienne également aux diverses saisons de l'année. Il a été déterminé pour l'été; il est par conséquent un peu trop faible pour l'hiver, et cette insuffisance est au nombre des causes qui tendent, durant cette saison, à diminuer les différences de niveau que l'on déduit des observations barométriques. Et ce n'est pas tout : dans la saison même à laquelle il se rapporte plus particulièrement, il ne peut se comporter de même durant les jours sereins et chauds où la réverbération de la terre accélère le mouvement des courans ascendans, et les jours où la chaleur rayonnante est diminuée par un temps pluvieux et un ciel couvert. Ceci explique une partie des variations journalières qu'éprouve successivement la mesure d'une seule et même hauteur.

Enfin il est évident que les moyennes hauteurs du baromètre et du thermomètre n'expriment immédiatement la différence de niveau entre deux lieux fort distans, qu'autant que les climats ne sont pas eux-mêmes très-différens. Dans le cas

contraire, le baromètre du pays le plus chaud sera toujours trop bas, eu égard à celui du pays le plus froid, et l'on ne pourra calculer exactement les élévations respectives sans avoir fait subir ou aux hauteurs barométriques ou au coefficient de la formule une correction suffisante pour obvier à l'inégalité des pressions (*).

Voilà donc un nouvel élément reconnu dans ce coefficient déjà si complexe, et voilà quelques données qui pourront servir un jour à en apprécier plus exactement la valeur. C'est un objet très-intéressant de recherches, car le jeu des courans verticaux est certainement une des modifications de l'atmosphère qui a le plus d'influence sur les phénomènes météorologiques; mais on n'obtiendra quelque chose de précis qu'à force de recueillir et de comparer des observations faites dans cette vue. Il faudrait en avoir de toutes les parties de la terre; et pour peu que l'on ait présente à la pensée la multitude de circonstances qui influent sur une observation, pour peu que l'on songe à la complication des effets du climat, des saisons, des modifications anomales de l'atmosphère, de la réaction de la terre, de la nature des lieux, de la forme du sol et de la situation des instrumens, on conviendra qu'une suite d'opérations où il faut démêler, apprécier, écarter tant de causes de trouble et d'incertitude, est un travail qu'il est plus aisé de proposer que d'exécuter, et qui ne requiert pas moins de sagacité que de patience. Je vais aborder une de ses principales difficultés en traitant de l'influence des vents horizontaux sur les variations du baromètre et sur la mesure des hauteurs.

(*) Voyez ce que j'ajoute sur ce sujet et à l'occasion de la formule de M. de Lindenau, dans l'instruction qui termine ce volume, à la fin du chapitre consacré au calcul de la formule de M. de Laplace.

TROISIEME PARTIE.

Variations accidentelles du baromètre.

On sait que le mélange de la vapeur diminue la pesanteur de l'air ; mais on connaît aussi les limites dans lesquelles cette action se renferme, et si on l'admet au nombre des causes qui déterminent les variations du baromètre, on n'ignore pas qu'elle est bien loin de satisfaire à leur étendue. Quand même l'air atmosphérique serait susceptible de passer naturellement à l'état de sécheresse où nous l'amenons artificiellement, le retour de cet état à celui de saturation ne diminuerait l'élévation de la colonne de mercure que d'un soixantième à un cinquantième, selon la température du mélange. Mais l'expérience prouve que jamais l'air n'approche de la sécheresse absolue, et qu'il conserve toujours une forte dose d'humidité, en sorte que les variations habituelles de celle-ci expliqueraient à peine une variation d'un cent vingtième ou d'un centième ; or les oscillations de la colonne de mercure parcourent chez nous une étendue égale à un dix-huitième au moins de sa hauteur totale, et le baromètre monte et descend souvent à contre-sens des augmentations et des diminutions d'humidité. Concluons donc que les effets de celle-ci sont contrariés par ceux d'une cause tellement prépondérante qu'après avoir compensé l'action de l'humidité, elle la couvre encore de l'excès de sa propre influence.

Une seule cause connue remplit cette condition : c'est la chaleur. Elle suffit parfaitement à toutes les variations du baromètre ; car, dans nos climats où la température varie elle-même de cinquante degrés, il n'en faut pas la moitié pour expliquer tous les changemens qui surviennent dans le poids de la colonne d'air, pourvu que l'on suppose en même temps que la surface de l'atmosphère tend imperturbablement au niveau, et que ses colonnes s'égalisent entre elles à mesure que le froid contracte

les unes ou prolonge les autres ; supposition conforme à tout ce que nous savons de l'équilibre des fluides, et commandée, en quelque sorte, par un grand nombre de phénomènes météorologiques auxquels on ne saurait donner une autre explication.

Cette supposition, je l'ai déjà employée plus d'une fois, et il est temps d'écarter la plus forte objection dont elle soit susceptible. Si la surface de l'atmosphère garde le niveau, si ses colonnes demeurent respectivement égales en élévation, comment se fait-il que les hauteurs moyennes du baromètre soient souvent aussi fortes en été qu'en hiver, et ne soient jamais différentes d'une quantité proportionnelle à la différence de température des deux saisons ? La solution de cette difficulté se trouve, si je ne me trompe, dans une considération fort simple : la hauteur moyenne du baromètre n'est que la somme des variations divisée par leur nombre. Si donc il est dans la nature de l'été que la majeure partie des accidens tende à élever le mercure, et s'il est de la nature de l'hiver que les accidens les plus nombreux et les plus puissans tendent à l'abaisser, on concevra sans peine que les hauteurs moyennes approcheront de l'égalité, quoique dans ces deux saisons une colonne d'air de même élévation ait successivement des densités fort différentes. Or cette disposition des saisons est non seulement possible : elle est nécessaire. Les variations que la densité de l'air éprouve sont renfermées pour chaque climat dans des limites déterminées : la moyenne densité, qui correspond à chaque saison, occupe un degré de l'échelle ; plus elle approche des extrêmes, moins il y a de chances en sa faveur, et plus il y a d'accidens disposés à l'altérer en sens inverse de la modification habituelle. Je ne terminerai point ce chapitre sans fournir des preuves à l'appui de ce raisonnement.

La température d'abord et ensuite l'humidité, voilà les deux causes qui expliquent les variations du baromètre dans toute leur étendue et jusque dans leurs moindres détails, mais avec cette différencce que la première est à tel point prépondérante



qu'elle rend raison à elle seule de toutes les variations majeures, et qu'il n'y a besoin de recourir à la seconde que pour les modifications subalternes du phénomène principal.

Ce principe une fois posé, on se rend facilement raison du rapport qui existe entre les variations du baromètre et la direction des vents.

En effet, tout changement de température occasionne le déplacement d'une portion de l'atmosphère, et, quelle que soit son origine, la conséquence de ce déplacement est de transporter d'un lieu dans un autre la température de celui d'où le courant d'air est parti. Mais comme de toutes les circonstances qui font varier la chaleur, celles qui dépendent des aspects solaires sont les plus puissantes et les plus générales, la diversité des climats est la principale cause des vents, et le point d'où ils soufflent décide de la température qu'ils amènent. Toutes les fois qu'ils passent à notre portée nous reconnaissons que les vents du nord sont froids, que ceux du sud sont chauds, et que les vents du levant et du couchant ont une chaleur intermédiaire. C'est par le ministère de ces grands courans d'air que se propagent sur de vastes étendues les variations de température qui modifient le caractère propre des saisons. Quand cet ordre est interverti par l'effet de quelque production locale de froid et de chaud, quand le froid procède du sud au nord, ou le chaud du nord au sud, c'est un accident ordinairement circonscrit dans de médiocres espaces et borné à une courte durée.

D'un autre côté, la marche du baromètre a un rapport si marqué avec la direction des vents, qu'il indique leur densité précisément comme s'il n'avait à déposer que de leur température. Ceux du nord le soutiennent à la plus grande élévation, ceux du midi occasionnent les plus grands abaissemens, les vents du couchant le font moins descendre que ceux du sud, et les vents d'est l'élèvent moins que ceux de la région boréale. Cette règle paraît quelquefois en défaut, parce que les change-

mens de vent ne s'opèrent pas toujours dans la région qui est à notre portée. Si le baromètre descend beaucoup tandis que le vent paraît au nord, ou monte visiblement durant un vent du sud, c'est que le vent qui survient commence à déplacer les couches supérieures avant d'entamer celles qui sont au-dessous. Celui que le baromètre indique par son abaissement ou son ascension, règne déjà dans les hautes régions et modifie à sa manière le poids total de la colonne d'air. En hiver, par exemple, il neige par un vent nord-ouest : ce vent saute tout à coup au nord-est; le froid augmente, et cependant le baromètre baisse. Il est clair que le nord-est n'est qu'un remous occasionné par l'invasion d'un vent directement opposé, par le sud-ouest, qui s'est déjà emparé des régions supérieures, et qui s'approchera peu à peu de la terre. Il arrive et repousse ou dissout les nuages que les vents boréaux avaient amassés : le baromètre continue à baisser, le temps s'adoucit et il fait beau. Bientôt il remonte sans que la température paraisse changer : c'est le vent d'ouest qui envahit la moyenne région, la refroidit, décide la précipitation de l'humidité et amène les nuages et la pluie. Ainsi la succession perpétuelle de vents de température et d'humidité différentes, dont la plupart s'entrecroisent à notre insu au-dessus de nos têtes, explique à la fois les oscillations du mercure, la génération et l'absorption des nuages, la formation de la pluie, de la grêle et des orages; et la liaison que l'identité de la cause déterminante établit entre la production des météores et les variations du baromètre, est la base des pronostics que l'on tire de l'observation de cet instrument.

On ne m'objectera pas l'opposition qui règne souvent entre la marche du baromètre et celle du thermomètre. Le thermomètre ne fournit que des indications incomplètes, parce qu'il est rarement dans la région même où s'opèrent les principaux changemens de température; et quand même les vents qui les occasionnent viennent à se rapprocher de nous, cet instru-

ment ne répond encore que de ce qui le touche immédiatement. La terre, dont il ne peut s'éloigner, lui communique une température dont les variations sont toujours en retard sur celles qu'éprouve la température de l'atmosphère, et n'ont pas toujours la même origine. Tantôt ce sont des productions ou des absorptions locales de chaleur, tantôt des courans réfléchis, des lames d'air que les vents supérieurs repoussent ou appellent tour à tour, et de régions voisines et de contrées fort éloignées. On ne peut donc opposer les rapports de cet instrument au témoignage de celui qui indique imperturbablement la densité moyenne de la colonne d'air, et comme la chaleur est la plus puissante des causes qui font varier la densité, on peut dire qu'à cet égard le baromètre est plus thermomètre que le thermomètre même.

On n'objecterait pas avec plus de fondement à la règle générale, le désordre que les accidens jettent dans la marche des instrumens, lorsque, par de gros temps, des vents très-violens influent sur le baromètre d'une manière contraire à leur température. Il est aisé de se convaincre alors, par les oscillations du mercure, que la tempête a fait perdre à ces vents leur direction horizontale, qu'ils agissent comme ascendans ou descendans, et que le poids de la colonne d'air est augmenté ou diminué de la quantité dont ils la refoulent ou la soulèvent.

Je n'hésite donc point à regarder les vents comme la principale cause des variations accidentelles du baromètre. Elles sont très-considérables dans nos climats, parce que cette région, placée à une égale distance de l'équateur et du pôle, est le lieu où les deux températures combattent avec des forces pareilles. Elles sont moindres en été que dans les autres saisons, parce que c'est en été que ces deux températures opposées sont le moins différentes. Les variations sont presque nulles entre les tropiques, parce que, comme l'observe très-bien M. de Humboldt, les vents alisés y amènent constamment des couches

d'une égale température (1), et ce qui prouve combien son explication est solide, c'est que vers les limites des tropiques, les vents du nord qui soufflent impétueusement dans le golfe du Mexique, font monter le baromètre de cinq à sept lignes, phénomène extraordinaire dans ces régions, et que M. de Humboldt attribue, avec non moins de raison, à la couche d'air froid qui s'introduit dans cette chaude atmosphère (2).

Au reste, l'élévation à laquelle chaque vent soutient la colonne de mercure, subit elle-même des variations assez étendues, selon la température actuelle du vent, l'épaisseur du courant et la direction des vents qui soufllent au-dessus. Ainsi le baromètre pourra être assez bas par un vent du nord, s'il ne constitue qu'une couche mince et surmontée par des couches d'air plus tempérées; et si des vents froids occupent la haute région, une couche peu épaisse de vents méridionaux n'occasionnera qu'une baisse médiocre. D'un autre côté, comme l'action des vents sur le baromètre dépend de leur densité, les différences d'humidité, lorsqu'elles seront extrêmes, pourront se rendre assez sensibles dans les vents d'une température modérée pour faire marcher le baromètre en sens contraire de leur chaleur spécifique. Enfin une absorption considérable d'humidité, occasionnée par l'action des rayons solaires, l'expression subite de cette humidité par une pluie abondante et soudaine, augmenteront ou diminueront quelquefois le poids de la colonne d'air, sans que le vent ait paru changer; mais ces accidens ne tiennent dans le phénomène général qu'un rang secondaire, et se rattachent même plus souvent au changement inaperçu des vents supérieurs, qu'ils ne forment exception aux règles de leur action ordinaire.

On prend la nature sur le fait dans les observations qui ont

(1) *Géographie physique*, p. 90.
(2) *Ibid.* p. 93.

pour

pour objet la mesure des hauteurs, et ces diverses combinaisons sont la source et la mesure des erreurs que les vents différens occasionnent.

L'expérience de plusieurs années m'avait appris que les différences de niveau se trouvaient trop fortes ou trop faibles, selon que le vent soufflait du nord ou du midi : c'est précisément ce qui devait arriver chaque fois que la même modification n'embrassait pas la totalité de la colonne d'air.

En effet, supposons qu'un vent froid et dense vienne déplacer les couches inférieures d'une atmosphère tempérée : le baromètre placé au bas de ces couches condensées montera ; celui qui sera placé plus haut montera moins, et ne montera pas du tout s'il est tout-à-fait au-dessus de ces mêmes couches. Les pressions indiquées par les deux baromètres cesseront d'être proportionnelles à l'élévation des colonnes comparées ; il y aura excès dans le rapport et excès dans la hauteur déduite. Si c'est, au contraire, un vent chaud et rare qui vient à raser la terre, le baromètre supérieur descendra moins que le baromètre inférieur, et ne descendra pas du tout s'il est au-dessus du courant : la différence des hauteurs barométriques sera trop petite, et la mesure de la différence de niveau péchera dans le même sens. Mais ce n'est pas tout, et il me paraît très-vraisemblable que la température des vents influe sur le parallélisme de leur plan avec la surface de la terre. Les plus légers paraissent disposés à monter, et les plus denses à descendre, sous des angles que leur vitesse détermine. La manière dont les vents du nord et ceux du sud portent les nuages, la marche de ceux-ci, le sens qu'affectent les oscillations du mercure, lorsque les uns et les autres soufflent avec impétuosité, tout ajoute à la probabilité de ma conjecture, et, si elle est fondée, l'influence que ces vents exercent sur l'élévation du baromètre et sur la mesure des hauteurs, est augmentée par l'effet d'une inclinaison qui s'ajoute à celui de la température.

La cause de l'erreur étant connue, on aperçoit d'un coup d'œil toutes les diversités que son action peut présenter. L'épaisseur de la couche de vent et la position des deux baromètres à son égard, déterminent d'abord ce que cette erreur peut avoir d'étendue, selon la direction et la nature du vent qui trouble l'observation. Elle sera d'autant plus considérable, que le baromètre supérieur sera placé moins au-dessous ou plus au-dessus de la surface du courant; elle diminuera progressivement à mesure que la couche de vent sera plus épaisse et dominera davantage les deux observateurs; elle pourra devenir nulle dans le petit nombre de cas où le vent sera assez dominant pour atteindre jusqu'aux couches supérieures de l'atmosphère, circonstance fort rare, surtout pour les vents du nord qui tendent toujours à s'approcher de la terre, mais que j'ai observée plus d'une fois dans ceux du midi qui sont disposés à s'emparer des régions élevées.

Quant à la température des vents, considérée, soit en elle-même, soit dans son rapport avec la température locale, on concevra aisément que les erreurs les plus fortes doivent être occasionnées par les vents du nord et du sud, parce qu'ils apportent dans nos climats les températures extrêmes, et par les vents les plus impétueux, parce qu'ils doivent à leur vitesse la propriété de perdre dans le trajet une moindre portion de leur température originelle; que, dans chaque saison, le vent dont la température est contraire à celle de la saison, sera aussi celui qui troublera le plus la mesure des hauteurs, et que l'hiver étant l'époque de l'année où il y a le plus d'opposition entre les températures des vents, est aussi celle où les résultats présenteront le plus de divergence.

Il n'y a rien de changé à toutes ces combinaisons pour les observations faites à de grandes distances et dans le cas même où les deux atmosphères sont tout autrement modifiées. Sans doute si les colonnes d'air ne sont point analogues, si les vents

qui soufflent aux deux stations se trouvent entièrement étrangers l'un à l'autre, et n'ont point entre eux le rapport de la superposition, la mesure de la hauteur sera exagérée ou affaiblie dans une proportion beaucoup plus forte qu'elle ne le serait par les effets de la superposition; mais elle pêchera toujours dans le même sens, et il ne faut pas s'effrayer des écarts prodigieux que fait alors la mesure, car une suite d'observations suffisamment prolongée compensera tous ces écarts comme elle compenserait ceux des observations faites à proximité, à moins que la différence des climats ne soit assez grande pour que la dissemblance des oscillations de l'atmosphère ajoute à ce désordre une cause constante et irréductible d'erreur.

Enfin les élémens de l'erreur seront sans nombre et sans mesure si l'atmosphère a plusieurs de ses couches en mouvement, si des vents différens s'entrecroisent, si plusieurs courans diversement dirigés glissent au-dessus des courans inférieurs, s'il y a des vents réfléchis dont la rencontre et les combats dépriment ou soulèvent la colonne d'air, circonstances inséparables du trouble de l'atmosphère, et qu'il suffit d'indiquer pour démontrer l'impossibilité de réduire à aucune règle le désordre des observations faites sous leur empire.

J'ai exposé l'effet ordinaire des vents horizontaux sur l'élévation du mercure et sur la mesure des hauteurs; il me reste à présenter des exemples, et je choisirai pour cela la série même des observations qui ont servi à déterminer la hauteur de Clermont. Il y a quelque chose d'agréable, et je pourrais dire de piquant, à trouver mes preuves dans une suite d'opérations où la grandeur de la distance et la petitesse de la différence de niveau sembleraient devoir jeter tant de confusion, qu'on se croirait plus que justifié par ces deux circonstances, si les résultats de l'expérience étaient en contradiction avec les inductions de la théorie.

Entre les deux années d'observations que j'ai faites, le choix

est indifférent, car les résultats sont les mêmes. Je me borne donc à présenter ceux de la première.

Je pouvais transcrire textuellement les trois cent cinquante-six observations qui la composent; mais comme l'évaluation des probabilités résultantes de la répétition des cas particuliers, ne laisserait pas d'être assez compliquée pour tout autre que celui qui a fait ces observations jour par jour et les a méditées une à une, j'ai dû me charger de la tâche de réduire les cas analogues à leur expression commune, et les observations au rang que les circonstances prédominantes leur assignent.

Cet objet est rempli par trois tableaux.

Le premier offre sous le même point de vue les moyennes élévations du baromètre et du thermomètre aux deux stations, et les moyennes différences de niveau, calculées pour chaque mois, et dans chaque mois pour chacune des quatre divisions cardinales des vents.

Dans le second tableau, la même opération est faite sur les quatre saisons.

Le troisième tableau enfin est consacré aux résultats généraux de l'année, et présente pour cette période la moyenne valeur des vents.

Ces tableaux sont fort clairs et fort concluans; cependant, pour être bien entendus, ils exigent encore quelques explications préliminaires.

On voit bien que l'influence des vents en est l'objet et son exposition la base; mais ils n'ont pas toujours été semblables aux deux stations. Quelques-unes des différences ont pu sans doute être la conséquence de l'éloignement; cependant il ne faut pas donner à cette circonstance plus de valeur qu'elle n'en a en effet. Un pareil éloignement est bien peu de chose pour les vents, et quelques mètres dans le sens vertical y apportent souvent plus de diversités que quatre-vingts lieues de distance. Je suis persuadé que la plupart de ces différences dérivent

réellement de celle du niveau ; et quand il en serait autrement on n'en pourrait encore rien conclure contre les corollaires que je tire de ma supposition, puisque le rapport des pressions est troublé de la même manière et la mesure des hauteurs altérée dans le même sens, soit par la juxtaposition, soit par la superposition des courans atmosphériques. Or, d'après les principes que j'ai établis, le vent qui influe principalement sur l'observation est celui de la station inférieure. L'indication des vents se rapporte donc exclusivement à ceux qui ont soufflé à Paris. Je ne les ai point spécifiés chacun en particulier ; c'eût été fournir trop de chances à des erreurs qu'il est souvent mal aisé d'éviter. Tout le monde inscrit avec confiance le vent sur l'autorité d'une girouette, sans se douter que de toutes les observations météorologiques celle-ci est la plus délicate et la plus difficile. Nulle indication fidèle à cet égard, si ce n'est la marche des nuages. Quelque attentif que M. Bouvard ait été, il ne saurait répondre toujours d'un quart de vent ; encore moins répondrait-il de n'avoir jamais confondu un vent direct et un vent réfléchi J'ai cru pousser l'exactitude assez loin en les réduisant tous aux quatre divisions cardinales, et je me contente de les distinguer en boréaux, méridionaux, orientaux et occidentaux. Cette réduction d'ailleurs était d'autant plus convenable qu'on ne saurait toujours assigner des influences bien différentes aux vents qui appartiennent à la même division, et qu'il n'est pas certain que le même air de vent ait constamment la même valeur dans les diverses saisons de l'année.

Mais on sait que pour nos climats le pôle du froid ne coïncide pas avec le pôle de notre hémisphère ; il décline sensiblement à l'orient. Je me conforme à cette disposition en distribuant les vents comme il suit :

Boréaux.	NNO. . . .	N. . . .	NNE. . . .	NE
Orientaux	ENE. . . .	E. . . .	ESE. . . .	SE
Occidentaux. . . .	OSO. . . .	O. . . .	ONO. . . .	NO
Méridionaux. . . .	SSE. . . .	S. . . .	SSO. . . .	SO

Quant à ce qui concerne les saisons, j'avertis que la variation de la température étant pour moi le phénomène capital dont tous les autres dérivent, j'ai formé mon calendrier comme j'avais composé la rose des vents, pour le climat où j'ai observé. Je place donc au premier mars le commencement du printemps, au premier juin celui de l'été, et ainsi de suite. Cette disposition, au reste, m'était plus commode et n'a pas d'ailleurs une grande importance.

Mes tableaux expliqués, il est facile d'y trouver la confirmation des règles que j'ai précédemment établies.

Et d'abord, en ce qui concerne les variations de la hauteur conclue des observations, rien n'est plus évident que l'influence des vents. Dans les moyennes, il n'y a pas une seule exception notable. Les vents boréaux ont donné les hauteurs les plus fortes; les méridionaux les plus faibles. L'action des vents orientaux s'est rapprochée de celle des premiers, et les occidentaux ont toujours moins affaibli la mesure que ne l'ont fait les vents de la région méridionale. Quelques nombreuses qu'aient dû être, dans le cours de l'année, les causes de désordre dépendantes de la distance, et les méprises qui n'ont pu manquer de se glisser dans la désignation des vents, l'influence de ceux-ci a encore dominé tellement la part de l'erreur, qu'il reste pour la sienne cinquante mètres dans l'échelle des variations de la hauteur mesurée; car les vents boréaux ont porté cette hauteur à 363 mètres et les vents orientaux à 351; tandis que les vents occidentaux l'ont réduite à 331 mètres et les méridionaux à 313.

Si, de ce résultat général contenu dans le troisième tableau, on remonte aux modifications particulières que les saisons y ont apportées, l'inspection du second tableau démontre que l'hiver est la saison où les vents méridionaux ont le plus affaibli la mesure, parce que c'est alors qu'il y a le plus d'opposition entre leur température propre et la température locale, et c'est à l'hiver aussi que correspondent les plus fortes mesures qui

soient dues à l'action des vents boréaux, parce qu'à cette époque de l'année le refroidissement de la terre a secondé la condensation des couches inférieures de l'atmosphère. On voit aussi que l'hiver et le printemps sont les saisons où il y a le plus de divergence entre les résultats, et que l'été et l'automne sont celles où il y en a le moins, par la raison que dans les saisons froides les températures des vents sont au *maximum* d'opposition, tandis qu'à l'époque où la terre est généralement échauffée, ces mêmes températures tendent au contraire à s'égaliser. Enfin, en parcourant les moyennes générales qui correspondent, dans le second tableau, à chaque saison, et, dans le premier, à chaque mois, on reconnait que la force ou la faiblesse de la mesure est en raison composée de l'action plus ou moins repétée des vents qui ont dominé, et de la modification que la constitution particulière de la saison ou du mois apporte à leur influence habituelle.

Ces diverses combinaisons de l'action que les saisons exercent sur les vents, et les vents sur la mesure des hauteurs, quoique assez nombreuses et assez compliquées, sont néanmoins si saillantes qu'elles se manifestent non seulement dans les résultats généraux d'une longue suite d'observations, mais presque toujours dans chacune de celles qui la composent. Les variations journalières qu'éprouve la détermination d'une seule et même hauteur, sont l'expression simple et nette d'un fait qui n'a rien de vague ni d'ambigu : elles indiquent les altérations que subit le rapport de la pression totale de l'air à la pression de la colonne interceptée. Cette colonne est saisie sur deux points ; les causes de la perturbation agissent sous les yeux de l'observateur, et il est de la nature de l'opération de donner un signe très apparent à des quantités presque imperceptibles. L'observation simultanée de deux baromètres placés à différentes hauteurs, est, pour la météorologie, une espèce de microscope

composé qui amplifie énormément les dimensions que leur petitesse aurait dérobées à nos recherches.

Nous n'avons pas les mêmes ressources pour constater l'influence des vents sur l'élévation d'un seul baromètre : la pression totale de la colonne d'air, voilà tout ce qu'il indique. Quels que soient les élémens dont cette pression se compose, il n'a rien de plus à nous dire, et nous ne pouvons raisonner que conjecturalement sur ce qui se passe hors de notre portée. Cependant les modifications qu'éprouvent les couches supérieures de l'atmosphère ont leur part dans la hauteur où se soutient le mercure ; mais cachées pour nous sous l'apparence du vent inférieur, elles agrandissent le cercle des variations qui lui sont imputées, et confondent les limites posées à l'influence intrinsèque et réelle que chaque vent peut séparément exercer.

La marche du baromètre a donc ses obscurités. Dans les observations isolées, l'action spécifique des vents paraît souvent se démentir, et l'on ne sera pas surpris que dans les résultats mêmes d'une longue suite d'observations la valeur d'une cause aussi puissante se réduise à une faible expression ; mais pour y être amoindrie elle n'en est pas moins tranchante, et l'on conclura seulement que cette cause a en effet bien de l'énergie, puisque le petit nombre de cas où elle se manifeste sans ambiguité couvre tous ceux où elle se déguise. Mes tableaux en administrent la preuve. Dans celui des mois, on voit déjà les plus grandes élévations du baromètre du côté des vents boréaux et orientaux, les moindres du côté des vents occidentaux et méridionaux. Sur quarante-huit moyennes, à peine sept ou huit sont en défaut, et ces anomalies achèvent de disparaître dans le dernier tableau où l'on voit que pour l'année entière les vents boréaux ont soutenu le mercure à 760.87 millimètres, et les vents orientaux à 758.75 ; que les vents occidentaux l'ont fait descendre à 757.76, et les méridionaux à 753.85. Je ne parle que du baromètre de Paris, parce que c'est

à

à lui seul que se rapporte l'indication des vents. Les hauteurs du baromètre de Clermont ne présentent pas des coupes analogues, parce que dans le même espace de temps il était soumis à l'influence de vents souvent très-différens.

Cet ordre des hauteurs barométriques est précisément celui de la température des vents qui leur correspondent ; mais pour reconnaître ce même ordre de température dans les indications du thermomètre, il faut examiner de plus près les circonstances qui ont réglé la marche de cet instrument.

En effet, nous voyons bien dans le dernier tableau que les vents orientaux ont été plus chauds que les boréaux, et les vents méridionaux plus chauds que les occidentaux ; mais nous y voyons aussi que les vents orientaux ont eu une température plus haute que les occidentaux et les méridionaux eux-mêmes ; et non seulement cette singularité se représente dans les moyennes que renferme le tableau des mois, mais on y voit en mai, juillet et août, les vents septentrionaux excéder en chaleur ceux de la région méridionale. C'est là ce qu'il s'agit d'expliquer et ce qui s'explique, ce me semble, d'une manière fort naturelle.

Les vents du nord et du levant ont soufflé deux fois plus souvent en été qu'en hiver ; ceux du midi, deux fois plus souvent en hiver qu'en été. Les premiers ont régné avec le beau temps, les autres ont presque toujours été accompagnés de nuages et de pluie : donc les températures moyennes qui correspondent à l'indication de ces vents sont complexes et ne sont point comparables entre elles. Celles des vents boréaux et orientaux doivent être considérées comme trop fortes, parce qu'elles appartiennent, en majeure partie, aux circonstances où la terre communique le plus de chaleur aux couches d'air qui sont en contact avec elle, et la température des vents occidentaux et méridionaux est comparativement trop faible, parce que son

expression moyenne résulte d'observations faites pour la plupart dans les circonstances contraires.

Un coup d'œil sur le second tableau met une partie de ces combinaisons en évidence ; on y voit qu'en été et en automne la chaleur de la terre tend à ramener les vents différens à une même température. Ils perdent quelque chose de leur caractère distinctif : c'est ce qui diminue alors l'étendue des oscillations barométriques et les écarts de la mesure des hauteurs. En hiver et au printemps des circonstances opposées ont des effets contraires : les variations du baromètre augmentent, et les quantités qui expriment la différence de niveau sont au *maximum* de divergence. Enfin, si l'on consulte le premier tableau, on reconnaît qu'à la fin de l'automne, en hiver et au commencement du printemps, les vents dépouillent leur déguisement pour reparaître dans l'ordre de leurs températures naturelles, parce que cette époque de l'année est celle où la température de la terre est le plus indifférente aux alternatives du beau et du mauvais temps.

La prédominance des vents méridionaux et occidentaux durant l'hiver, et la fréquence des vents opposés dans la belle saison, donnent lieu à une dernière réflexion qu'il ne faut pas négliger, puisqu'elle justifie l'une de mes suppositions fondamentales. Il est bien clair à présent que les causes qui font baisser le baromètre, ont agi plus souvent et plus fortement en hiver qu'en été, et qu'au contraire celles qui déterminent l'ascension du mercure ont agi en été plus fréquemment qu'en hiver. Si donc les moyennes hauteurs du baromètre sont pareilles dans les deux saisons, cette égalité apparente prouve jusqu'à l'évidence l'inégalité intrinsèque et réelle du poids absolu de l'air, et cette inégalité prouve à son tour l'égalité de hauteur à laquelle tendent ses colonnes à mesure que les variations de la température en changent les dimensions.

Enfin j'ai considéré la période annuelle comme opérant la plupart des compensations ; mais la nature même des causes qui concourent à amener le résultat final, prouve qu'elle ne les opère pas toutes. Dans une année autrement constituée, dans une année, par exemple, où les vents méridionaux seraient moins dominans, et où les vents boréaux le seraient davantage, la moyenne du baromètre serait plus élevée en hiver qu'en été, et la moyenne hauteur déduite des observations serait plus forte. Or c'est précisément ce qui est arrivé dans la seconde année d'observations que j'ai faites : la moyenne barométrique de l'hiver a excédé de 0.78 millimètres celle de l'été, et la hauteur déduite a surpassé de 8 mètres celle que les observations de la première année avaient donnée ; excès qui est dû à ce que, durant l'hiver de cette seconde année, les vents boréaux et orientaux ont été plus fréquens dans le rapport de 26 à 16, les méridionaux et occidentaux moins fréquens dans le rapport de 65 à 74.

Au reste, je suis persuadé qu'en essayant de fixer invariablement la hauteur de Clermont au-dessus de l'Observatoire de Paris, au moyen d'observations continuées pendant une longue suite d'années, je finirais par obtenir un résultat trop fort de quelques mètres. Mon opinion est fondée sur la position respective des deux lieux. Comme ils sont placés, l'un à l'égard de l'autre, dans le sens du méridien, les vents du midi arrivent un peu plutôt à Clermont, et les vents du nord y arrivent un peu plus tard ; d'où il suit que le baromètre doit y monter un peu plus tard et y descendre un peu plus tôt qu'il ne fait à Paris. Dans le nombre des erreurs que les vents horizontaux occasionnent, celle-ci est la seule dont aucun laps de temps ne puisse amener la compensation. Je crois donc pouvoir établir d'avance en règle générale que lorsque les deux baromètres correspondans seront fort éloignés l'un de l'autre, mais cependant observés dans des climats semblables, on trouvera les différences de niveau

un peu trop fortes si la station la plus élevée est au midi ou au couchant, et un peu trop faible si la station la plus élevée est au levant ou au nord. Quand les climats, au lieu d'être semblables, sont différens, l'erreur aura lieu dans le même sens, mais elle sera considérablement agrandie par la diversité de condition des deux atmosphères, eu égard à la vitesse des courans verticaux.

Conclusion.

L'usage du baromètre, pour la mesure des hauteurs, a inspiré tour à tour trop et trop peu de confiance.

D'abord on ne soupçonnait pas les erreurs qui pouvaient s'introduire dans les résultats obtenus par les observations les plus exactes et les plus régulières; ensuite on n'a plus vu de bornes à celles que pouvait occasionner le caprice des variations de l'atmosphère.

Démêler ces erreurs, les qualifier et les circonscrire, telle est la tâche que je me suis imposée.

Il était impossible de mesurer un grand nombre de hauteurs sans s'apercevoir que la disposition des lieux et la situation des instrumens étaient pour quelque chose dans la justesse des mesures. Il était impossible de mesurer un grand nombre de fois la même hauteur, sans reconnaître de plus l'influence des diverses parties du jour et de certaines modifications de l'atmosphère. Enfin je ne pouvais essayer de comparer les erreurs aux circonstances de l'observation, sans me douter qu'elles se rapportaient à un petit nombre de causes principales auxquelles se rattachaient toutes les autres.

Rarement on consulte la nature avec un peu de persévérance, sans y trouver plus qu'on ne cherche. J'ai vu bientôt que si l'étude des modifications de l'atmosphère perfectionnait l'art de mesurer les hauteurs, celui-ci ne rendait pas de moindres services à la connaissance des modifications de l'atmosphère.

Quand on a douté qu'il fût possible d'assigner une valeur positive à certaines agitations de l'air et au désordre qu'elles jettent dans la marche des instrumens, on n'avait pas bien songé aux ressources que fournissent les témoignages comparés de deux baromètres consultés à la fois sur deux points de la même colonne d'air. Mais pour entendre leur langage il fallait surtout réfléchir sur cette partie de l'observation qui consiste dans le choix des circonstances; il fallait soumettre la logique des moyennes à un examen sévère, purger celles-ci des élémens discordans que l'inattention est accoutumée à y introduire, et restreindre à des propositions bien distinctes et nettement circonscrites, l'emploi de ces formules de probabilité qui demeurent sans objet si les compensations qu'on leur demande ne s'appliquent exclusivement à des quantités du même ordre.

Des résultats aussi satisfesans qu'inattendus ont été la récompense de mes précautions. J'ai vu un concert admirable s'établir entre les variations de l'atmosphère et des erreurs qui auparavant me paraissaient anomales; j'ai vu les unes servir d'indice et quelquefois de mesure aux autres, et toutes se réduire à un petit nombre d'effets généraux qui remontent eux-mêmes à une cause commune.

Maintenant une théorie fort simple et fort homogène, lie pour moi tous les phénomènes entre eux.

La surface de l'atmosphère tend incessamment au niveau, et le poids de ses colonnes varie au gré des changemens qui surviennent dans la densité de ses couches.

Les variations de la température sont la principale cause de ces changemens.

Tout changement de température occasionne un vent ou dérive d'un vent qui transporte d'un lieu à un autre la température et la densité que lui a communiquée celui de son origine.

Or ces courans ne peuvent avoir que trois directions eu

égard à la surface de la terre : ils sont verticaux, inclinés ou horizontaux.

Lorsqu'ils affectent la dernière direction, ils agissent par la différence qui se trouve entre leur densité et celles des couches qu'ils remplacent.

Lorsqu'ils affectent l'une des deux premières, l'effet de la vitesse ascendante ou descendante se combine avec celui de la densité.

Je trouve, dans ce petit nombre de données, de quoi expliquer d'une manière plausible, non-seulement les erreurs que les lieux, les heures, les saisons, les climats et les vents introduisent dans la mesure des hauteurs, mais encore toutes les variations horaires, accidentelles et locales du baromètre, et la relation qui existe entre ces diverses circonstances est si bien établie, que de l'erreur que l'on a commise on peut conclure l'état de l'atmosphère, comme de l'état de l'atmosphère on peut conclure l'erreur que l'on va commettre.

Voilà, ce me semble, quelques obscurités éclaircies : il y en a bien d'autres à éclaircir ; mais dans l'état où je laisse la partie de la science météréologique qui est du ressort du baromètre, il y a déjà quelque chose de gagné, soit pour la mesure des hauteurs, soit pour la connoissance des variations de l'atmosphère. Celui qui mettra mon expérience à profit et mes conseils en pratique, consultera ses instrumens avec plus d'assurance et plus de fruit. Si la mesure d'une hauteur indéterminée repose sur une seule observation, il en aura noté exactement les circonstances, et connoîtra au juste le degré de confiance qu'il peut lui accorder. S'il essaie le baromètre sur une hauteur connue, les écarts de la mesure lui dévoileront les moindres altérations survenues dans l'équilibre des airs. Pour peu que de pareilles observations soient poursuivies avec constance et employées avec discernement, elles enrichiront la météorologie

de nouveaux faits, plusieurs phénomènes seront mieux appréciés, diverses perturbations recevront une valeur déterminée, et beaucoup d'accidens qui troublent aujourd'hui le calcul rentreront dans son domaine.

Heureux si j'ai pu ajouter quelque chose à la science, dans le lieu même où elle est née, au pied de cette montagne justement célèbre où le tube de Toricelli, interrogé par le génie de Pascal, a déposé pour la première fois du décroissement graduel des pressions atmosphériques! De là l'ingénieux artifice qui place le point de départ de nos mesures sur une limite inconnue dont le lieu se perd dans l'immensité de l'espace; qui saisit le plus indocile des élémens par la propriété la plus saillante de la matière, soumet son poids à la balance, transforme le poids en dimensions, et marque des sondes au fond de l'invisible Océan où nous vivons. La science a ses lieux saints, elle a ses patriarches. Honneur au théâtre des expériences de Pascal! Honneur à cette forte tête qui, imprimant à ses conceptions et à ses écrits l'imposant caractère des idées nettes et vigoureuses, nous a laissé à la fois et des sujets inépuisables de méditation, et d'admirables modèles dans ce bel art d'écrire qui n'est si difficile que parce qu'il est inséparable du grand art de penser!

NOMBRE DES OBSERVATIONS.	PARIS. Barom. à 12°5.	PARIS. Therm. centigrad.	CLERMONT. Barom. à 12°5.	CLERMONT. Therm. centigrad.	Hauteur déduite.	VENTS.	PARIS. Barom.	PARIS. Therm.	CLERMONT. Barom.	CLERMONT. Therm.	Hauteur déduite.
	Millimèt.		Millimèt.		Mètres.		Millimèt.		Millimèt.		Mètres.
Mars. 31 observat.	757.03	+ 5.8	725.00	+ 5.0	352.7	Boréaux.. 24	758.00	+ 5.2	724.91	+ 4.6	363.5
						Orientaux 1	754.06	8.8	724.05	9.8	336.4
						Occident. 4	752.77	5.7	724.01	3.0	316.5
						Méridion. 2	755.48	10.8	728.57	10.8	302.2
Avril. 30 observat.	757.01	+ 13.0	726.65	+ 12.7	343.7	Boréaux.. 12	758.86	+ 11.0	727.44	+ 11.3	352.8
						Orient. . 5	761.66	16.6	730.84	15.7	351.2
						Occident. 8	756.04	11.7	726.22	11.4	336.2
						Méridion. 5	749.45	16.2	721.21	14.8	325.8
Mai. 31 observat.	755.16	+ 19.9	726.29	+ 22.0	337.4	Boréaux.. 5	762.54	+ 21.1	730.37	+ 26.0	376.7
						Orient. . 5	756.97	23.6	726.04	25.2	365.7
						Occident. 4	757.24	17.0	726.85	21.3	352.2
						Méridion. 17	752.00	19.1	725.00	19.9	314.8
Juin. 26 observat.	760.33	+ 20.8	730.24	+ 20.4	349.1	Boréaox.. 9	762.02	+ 19.3	730.15	+ 19.8	367.9
						Orieot. . 3	758.32	22.4	728.59	21.7	347.6
						Occident. 7	760.19	20.2	730.69	20.2	341.6
						Méridion. 7	759.13	22.7	730.62	20.7	332.3
Juill. 1806. 27 obs. Juill. 1807. 10 obs. 37 obs.	756.45	+ 23.2	727.53	+ 21.5	339.2	Boréaux.. 6	758.09	+ 23.9	727.37	+ 23.9	362.0
						Orient. . 4	758.12	26.5	727.93	23.5	357.0
						Occident. 18	756.92	22.1	728.36	20.4	333.3
						Méridion. 9	753.72	23.4	725.77	21.2	328.7
Août 1806. 18 obs. Août 1807. 10 obs. 28 obs.	756.58	+ 23.5	727.30	+ 22.0	343.9	Boréaux.. 6	759.34	+ 26.0	728.86	+ 24.2	360.0
						Orient. . 4	757.51	26.1	727.53	24.3	355.0
						Occident. 12	757.53	21.1	728.30	20.5	340.4
						Méridion. 6	751.35	24.0	723.53	21.5	328.7
Septemb. 26 obs.	759.34	+ 19.9	730.21	+ 18.4	336.3	Boréaux.. 6	764.34	+ 18.5	733.39	+ 16.3	353.1
						Orient. . 2	759.49	20.3	730.35	18.8	336.9
						Occident. 9	757.73	17.2	729.24	17.1	327.1
						Méridion. 9	757.60	23.5	729.06	20.9	333.9
Octobre. 27 obs. .	755.97	+ 13.9	726.42	+ 15.6	337.2	Boréaux.. 2	751.49	+ 12.7	721.08	+ 14.6	347.9
						Orient. . 8	753.92	13.2	723.22	16.1	351.5
						Occident. 5	759.09	14.3	729.20	14.7	339.4
						Méridion. 12	756.81	14.4	728.32	15.7	324.9
Novembre. 30 obs.	756.81	+ 11.2	728.39	+ 10.8	319.1	Boréaux.. 1	771.65	+ 8.6	738.38	+ 6.5	362.6
						Orient. . 4	763.60	6.5	731.86	8.5	349.2
						Occident. 11	755.73	11.5	726.99	10.6	323.3
						Méridion. 14	754.64	12.6	727.78	11.9	303.6
Décembre. 31 obs.	753.85	+ 10.0	727.21	+ 10.0	298.8	Boréanx . 0					
						Orient. . 0					
						Occident. 4	762.47	+ 11.2	733.87	+ 9.3	317.9
						Méridion. 27	752.59	9.8	726.22	10.1	296.2

NOMBRE DES OBSERVATIONS.	PARIS. Barom. à 12°5.	PARIS. Therm. centigrad	CLERMONT. Barom. à 12°5.	CLERMONT. Therm. centigrad	Hauteur déduite.	VENTS.	PARIS. Barom.	PARIS. Therm.	CLERMONT. Barom.	CLERMONT. Therm.	Hauteur déduite.
	Millimèt.		Millimèt.		Mètres.		Millimèt.		Millimèt.		Mètres.
Janvier. 31 observ.	761.75	+ 3.8	730.53	+ 2.4	338.4	Boréaux . 9	771.07	+ 2.0	736.10	+ 0.6	372.6
						Orient. . 5	763.92	1.4	732.47	4.1	339.5
						Occident. 11	761.75	5.4	731.32	3.4	331.3
						Méridion. 6	745.91	5.4	719.09	3.8	297.8
Février. 28 observ.	756.97	+ 7.5	728.57	+ 7.3	314.4	Boréaux . 2	758.19	+ 3.0	724.17	+ 2.5	370.7
						Orient. . 0					
						Occident. 15	756.99	7.7	728.30	6.8	317.5
						Méridion. 11	756.70	7.9	729.72	9.0	299.8

SAISONS.

NOMBRE DES OBSERVATIONS.	PARIS. Barom.	PARIS. Therm.	CLERMONT. Barom.	CLERMONT. Therm.	Hauteur déduite.	VENTS.	PARIS. Barom.	PARIS. Therm.	CLERMONT. Barom.	CLERMONT. Therm.	Hauteur déduite.
Printemps. 92 obs.	756.40	+12.9	725.97	+13.2	345.1	Boréaux . 41	758.82	+ 8.8	726.31	+ 9.2	362.3
						Orient. . 11	758.84	19.1	728.05	19.5	356.3
						Occident. 16	755.52	11.5	725.81	11.8	335.3
						Méridion. 24	751.76	17.8	724.51	18.2	316.0
Été. 91 observat.	757.60	+22.8	728.23	+21.3	343.6	Boréaux . 21	760.12	+22.5	728.97	+22.2	364.1
						Orient. . 11	757.96	25.2	727.96	23.3	353.8
						Occident. 37	757.73	21.4	728.79	20.4	337.0
						Méridion. 22	754.80	23.3	726.69	21.1	330.0
Automne. 83 obs.	757.35	+14.8	728.32	+14.7	330.6	Boréaux . 9	762.36	+16.1	731.21	+14.8	353.8
						Orient. . 14	757.49	12.3	726.69	14.3	349.2
						Occident. 25	757.13	14.1	728.25	13.8	327.9
						Méridion. 35	756.15	16.0	728.30	15.5	318.6
Hiver. 90 observ.	757.53	+ 7.0	728.77	+ 7.3	318.0	Boréaux . 11	768.72	+ 2.2	733.94	+ 0.9	372.1
						Orient. . 5	763.92	1.4	732.47	4.1	339.5
						Occident. 30	758.93	7.4	729.76	5.8	321.3
						Méridion. 44	752.70	8.7	726.13	9.0	297.2

ANNÉE.

NOMBRE DES OBSERVATIONS.	PARIS. Barom.	PARIS. Therm.	CLERMONT. Barom.	CLERMONT. Therm.	Hauteur déduite.	VENTS.	PARIS. Barom.	PARIS. Therm.	CLERMONT. Barom.	CLERMONT. Therm.	Hauteur déduite.
Année. 356 obser.	757.22	+14.3	727.80	+14.0	334.4	Boréaux. 82	760.87	+12.2	728.57	+12.0	363.2
						Orient. . 41	758.75	16.3	728.11	16.8	351.0
						Occid. . 108	757.76	14.3	728.59	13.4	332.9
						Mérid. 125	753.85	15.1	726.51	14.7	312.6

N. B. Les hauteurs barométriques sont toutes réduites à la température 12°5 du thermomètre centigrade. Ces hauteurs, pour Paris, sont celles du baromètre à cuvette et à émersion, qui était alors employé à l'Observatoire, et auquel le baromètre de Clermont avait été comparé. Ces deux instrumens ne soutenaient point le mercure à l'élévation où on l'observe au baromètre à siphon appelé baromètre de Borda, et qui est placé dans la salle du nord. Pour ramener nos hauteurs à celles de cet instrument, il faut les augmenter de 0.44 millimètres.

Les petites inexactitudes de calcul que l'on pourrait remarquer dans les moyennes, résultent de l'élimination progressive des secondes et troisièmes décimales dans les quantités qui ont servi à la former.

Hauteurs mesurées dans l'ancienne Auvergne, et principalement aux environs de Clermont.

Nota. Les numéros accompagnés d'un astérisque, sont nouvellement ajoutés à ce tableau.

I. *Plaine actuelle de la Limagne.*

Le sol de cette plaine est une terre végétale livrée à une culture également riche et variée; elle est mêlée de fragmens de calcaire marneux et de débris volcaniques. On n'observe le sol naturel que dans le lit des ruisseaux et dans le flanc des éminences qui couronnent cette plaine au midi, au couchant et au levant.

	Élévation absolue en mètres.	Élévation absolue en toises.
1. *Cours de l'Allier* au *Pont-du-Château*.	313.13	160.66
Cette hauteur est prise au niveau des basses eaux de la rivière; elle est déduite d'un nivellement qui rattache ce point à la station de mon baromètre. Le pont est élevé de 10 mètres au-dessus des basses eaux. Ici, le sol naturel est à découvert; ce sont de grands bancs de sables volcaniques agglutinés en une sorte de grès et remplis de pissasphalte qui en découle incessamment. On y trouve aussi de superbe calcédoine. Ces bancs alternent avec des couches plus minces de calcaire marneux contenant diverses sortes de coquilles fluviatiles; M. Cocq vient d'y découvrir en outre des os droits, longs et minces, qui semblent avoir appartenu à des oiseaux, et la mâchoire d'un petit quadrupède carnivore.		
2. Ruisseau qui traverse la grande route du Pont-du-Château à Clermont, vis-à-vis *Lempde*.	337.35	173.09
3. Ruisseau du pont de *Lempde*, sur la même route. .	334.77	171.76
4. Ruisseau du pont d'*Arbet*, sur la même route . . .	340.80	174.86
5. Ruisseau qui coule au pied du *Puy de Crouel*, du côté de l'orient, près de la même route	339.51	174.19
6. Cours d'eau du moulin, au-dessous des Ursulines de Mont-Ferrand	343.22	176.20
Les hauteurs n.os 2, 3, 4, sont déterminées par le nivellement; les deux dernières par le baromètre; elles se confirment mutuellement.		

II. *Restes épars des couches qui couvraient le sol actuel et fesaient partie d'une ancienne plaine beaucoup plus élevée.*

Calcaires marneuses; sables tantôt granitiques, tantôt volcaniques, libres

ou réunis par la pression, ou agglutinés par le pissasphalte; quelques bancs d'argile. Ces dépôts, quelle que soit leur nature, appartiennent à la même formation, car on les trouve ordinairement disposés en couches alternatives. L'époque de leur naissance est celle où les débris des montagnes basaltiques et granitiques ont commencé à être charriés dans les eaux qui déposaient les bancs calcaires. Dans l'énumération des monticules qui appartiennent à cet ordre, ne sont point mentionnés ceux que recouvrent des laves subsistantes. Il en sera question dans le quatrième paragraphe. Ceux-là ont principalement le calcaire marneux pour base, et il n'est pas certain que les grès volcaniques qui les environnent fassent partie de leurs couches. S'il venait à se vérifier que ces grès leur fussent étrangers, ce fait bien constaté fixerait nettement l'époque des premières éruptions des laves trapéennes, et la placerait au milieu de la période où les terrains secondaires ont été formés.

	Élévation absolue	
	En mètres.	En toises.
7. *Puy de la Pège* ou de la Poix.	351.84	180.52
Petite éminence dont l'élévation n'excède pas douze mètres; elle est formée de brèche à fragmens volcaniques, où s'intercalent des couches de calcaire marneux; ces bancs ne sont point dans leur assiette originaire; ils paraissent renversés; il en découle spontanément une grande quantité de pissasphalte.		
8. *Puy de Crouel*	435.95	223.67
Brèche à fragmens volcaniques, mêlée de pissasphalte; calcédoine, bois fossile, un peu de calcaire marneux; les couches sont renversées et presque verticales; l'élévation de ce monticule au-dessus du ruisseau indiqué ci-dessus n°. 5, est de 96.44 mètres ou 49.48 toises.		
9. Clermont. Sommet du monticule, au seuil de la maison *Saint-Horent*	417.61	214.27
Hôtel de la préfecture, au premier étage. Station de mon baromètre.	411.21	210.98
Cour du même hôtel, et salles du rez-de-chaussée où MM. Biot et Mathieu ont mesuré la longueur du pendule	404.64	207.61
Place de Jaude. Seuil du couvent des Minimes, lieu de l'expérience de Pascal et des opérations de Cassini	391.87	201.06
Au bas de la ville, hors la barrière des Jacobins, à l'embranchement des deux routes de Riom et Billom.	366.75	188.17

Terrain de transport; mélange de sables granitiques et volcaniques fortement tassés, un peu liés par les infiltrations et dis-

	Élévation absolue	
	En mètres.	En toises.

posés en couches horizontales : parcelles d'asphalte solide ; fragmens de bois fossile ; quelques bancs calcaires du côté du nord. Quoique le monticule n'ait qu'environ 51 mètres ou 26 toises d'élévation totale, il donne naissance à plusieurs sources abondantes, les unes d'eau pure, les autres fortement chargées d'acide carbonique, de chaux et de fer, et qui jouissent de la faculté incrustante à un degré tout à fait remarquable.

On vient de trouver des fragmens de grands os et une dent molaire d'éléphant fossile dans les couches mêmes de sables volcaniques, à la partie occidentale et inférieure du monticule, près la barrière de Fongièva.

10. *Grès à couches bitumineuses*, au-dessus de *Chamalières*	467.83	240.03

Sables granitiques tantôt réunis par le tassement et l'infiltration, tantôt agglutinés par le pissasphalte, formant de grandes couches déposées sur le granit et un peu inclinées au levant ; elles constituent un monticule peu apparent ; on exploite les couches pissasphaltiques pour faire un ciment destiné à revêtir les terrasses.

11. Mont-Ferrand, *Mons ferreus* du moyen âge. Ville ancienne réunie à Clermont.	362.50	185.99

Cette hauteur est prise à la partie la plus élevée de la ville, derrière l'église, sur le sol de l'ancienne prison ; le monticule est élevé de 19.28 mètres ou 9.79 toises au-dessus de sa base, prise du côté de l'est, au cours d'eau indiqué ci-dessus n°. 6. Il paraît entièrement formé de couches calcaires marneuses.

12. *Mont-Juzet*, *Mons Jovis* des Romains. Côteau de vignobles voisin de Clermont	493.56	253.23
13. *Mont-Chagny*. Monticule qui fait suite au précédent, du côté de l'ouest.	571.68	293.31

Mont-Juzet et Mont-Chagny sont des parties d'un seul et même dépôt, formé alternativement de couches calcaires, de bancs de sable, de couches assez épaisses d'argile plastique, et de bancs presqu'uniquement composés d'un fossile très-singulier. Ce fossile a la forme tubulaire conique, et représente les induses d'une larve semblable à celle des friganes. On voit souvent enveloppées dans ces induses une multitude de très-petites hélices dont nous ne connaissons pas bien l'analogue. Tout porte à penser que ce sont les structures d'insectes et de vers vivans dans des eaux douces. Elles ont passé à l'état calcaire et forment des groupes quelquefois rayonnans, d'un volume très-considérable. Le sommet de Mont-Chagny en est entièrement composé.

14. *Opme*. Village situé sur le terrain d'alluvion, entre Gergovia et le Puy-Girou	673.86	345.74

C'est l'un des lieux les plus élevés où le sol de l'ancienne plaine soit à découvert; couches calcaires, pechsteins remarquables et en grande abondance. Ce terrain fait partie de celui que recouvraient les basaltes. Il est fort douteux qu'il renferme des débris volcaniques, et il paraît appartenir aux plus anciens sédimens de l'époque dont les couches mêlées de sable et d'asphalte sont les derniers monumens.

III. *Sol granitique.*

Il forme un vaste plateau dont la superficie est très-inégale. La pente orientale est abrupte et s'élève brusquement à l'ouest de la Limagne, présentant un long rideau de montagnes creusées de courtes et profondes vallées. De là il s'abaisse insensiblement, constitue le sol des départemens occidentaux et se rapproche peu à peu du niveau de l'Océan. Ses couches paraissent culbutées du côté de la Limagne. Il y a beaucoup de granits décomposés, des kaolins souillés de fer, des granits veinés, quelques cornéennes, beaucoup de filons qui renferment ordinairement de la baryte sulfatée et souvent de la galène. Les vallons qu'on y remarque paraissent avoir été creusés après la formation du terrain d'alluvion et de transport; car on n'y rencontre aucune trace de ces sédimens, quoique les amas qui en sont formés soient beaucoup plus élevées que ne l'est l'embouchure de ces mêmes vallées.

A l'opposite de ce plateau, c'est-à-dire à l'orient de la plaine de Limagne, s'élèvent des montagnes granitiques, beaucoup plus hautes que le plateau, mais dont la roche appartient à la même formation, c'est-à-dire à ces granits moins anciens que le granit fondamental des Alpes et des Pyrénées, qui suivent celui-là dans l'ordre des superpositions, et qui sont suivis à leur tour par la série des Gneiss. Dans ces montagnes occidentales, comme dans le plateau, les couches sont renversées, souvent entièrement verticales, et dirigées à peu près dans le sens du méridien, qui est la direction générale de la chaîne. On peut donc regarder ces deux parties du terrain granitique comme appartenant au même système; il seroit même permis de croire qu'elles ont été originairement contiguës, et qu'elles formoient ensemble un plateau unique, dont la continuité a été postérieurement interrompue par l'excavation accidentelle qui constitue maintenant le bassin de l'Allier.

	Élévation absolue	
	En mètres.	En toises.
15. *Ceyrat.* Village au sud de Clermont	573.64	294.32
Ce point est choisi comme l'un des moins élevés où le granit soit à découvert. Hauteur prise à la porte de l'église.		
16. *Le Puy Chateix.* Ainsi nommé d'un château qu'y avoient les dauphins d'Auvergne	608.33	312.12

	ÉLÉVATION ABSOLUE	
	En mètres.	En toises.
Cette petite montagne est en entier une portion de filon que coupe le vallon de Royat. On le retrouve à l'opposite, c'est-à-dire au sud du village de Royat où il se soutient à une hauteur fort approchante, savoir celle de	578.71	296.92
Ce même filon se prolonge au sud dans une direction qui paraît le porter vers Gravenère, volcan moderne dont il est question ci-après, n° 43. Les substances qui le composent ont une grande analogie avec celle des laves des volcans voisins. La cornéenne y tient une grande place, et le fer y est très-abondant. On y trouve, en outre, une quantité notable de feldspath et beaucoup de baryte sulfatée. Un éboulement du Puy-Châteix, au-dessus de Royat, est semé de grains de seigle, de froment, de pois, etc., légèrement carbonisés. C'est ce que le peuple appelle les *Greniers de César*. On attribue, avec beaucoup de vraisemblance, l'origine de ces grains à l'incendie des greniers du château qui couronnait la cime de la montagne.		
17. *Orcines*. Village.	846.64	434.39
Ce village est dominé à l'ouest par une éminence; mais le lieu où il est placé, peut être considéré comme l'élévation moyenne du plateau de granit. Hauteur prise au niveau de l'église.		
18. *Charade*. Village.	852.11.	437.19
Il est situé sur le granit, et au pied de la montagne volcanique de même nom, qui le domine d'environ 68 mètres. Voyez ci-dessous, n° 28.		
19. *Manson*. Village situé au pied de l'éminence mentionnée ci-après. Cour de la maison du maire. .	892.42	457.88
20. *Puy de Manson*. L'un des points les plus élevés du plateau de granit	1008.97	517.68
21. *Fontana*. Village. Point le plus élevé du village. .	788.07	404.33
Moulins sur le ruisseau pris vers le milieu de sa pente.	766.48	393.26
Sommet du monticule auquel le village est adossé.	820.13	420.79
C'est au ruisseau de Fontana que les anciens prenaient les eaux qui ont autrefois abreuvé Clermont. On retrouve de grandes portions de leur aqueduc, depuis le village jusqu'au milieu de la vallée de Villars.		
22. *Le Cheix*. Hameau composé de quelques maisons. .	772.59.	396.39
Ce hameau est situé sur la pente d'une éminence granitique, au point où le granit se recouvre d'immenses dépôts de pozzolane qui comblent en partie un vaste bassin compris entre Fontana et		

	Élévation absolue En mètres.	En toises.
Villars. Ce bassin est fermé au nord par le courant de la lave de Pariou, et dans le reste de son pourtour par les saillies du granit. La hauteur du hameau est prise au-dessous du domaine supérieur dont les bâtimens sont en partie abandonnés.		
23. * *Le Cressinier*. Village.	764.60	392.30
Sol granitique. La hauteur est prise à la porte de la maison Dulac.		
24. * *Sarsenat*. Village.	721.95	370.41
Sur le granit. La hauteur est prise dans la cour de la maison Savaron.		
25. * *La Côte-verse*. Le point le plus élevé du plateau granitique	1041.30	534.26
On voit cette longue éminence à l'O. S. O. de Clermont. Elle cache le Puy de Sarcouy.		
Montagnes orientales.		
26. * *Pierre-sur-Haute*.	1656.85	850.09
C'est le sommet le plus élevé du *Mont Herboux* et de cette longue chaîne qui borne l'horizon à l'orient de Clermont, et que l'on y connait sous le nom de montagnes du Forez. Les observations de la cime appartiennent à M. Cordier, qui en a fait treize dans les deux journées du 17 et 18 juin 1809. La grande distance qui nous séparait rend la mesure incertaine à sept ou huit mètres près. Les couches de cette montagne sont verticales et dirigées dans le sens de la chaîne. C'est un granit gris-jaunâtre à gros grains, entremêlé de granit gris-jaunâtre à grains moyens. Ce dernier contient beaucoup de feldspath bleu; le premier du feldspath blanc jaunâtre et des cristaux rhomboïdaux ou hexagones de mica blanc, argentin.		

IV. *Basaltes et vieilles laves denses, déposées, soit sur le sol granitique, soit sur le terrain d'alluvion.*

Les couches et dépôts de cet ordre qui subsistent actuellement, ne sont que les lambeaux d'anciens terrains que des accidens ont détruits en partie avec le sol même qui les supportoit. A quelque point cependant que ces dépôts soient morcelés, on devine sans peine la contiguité originaire de plusieurs d'entre eux, et en consultant leur disposition générale, on les voit naître sur le sol granitique, s'étendre de là sur le sol secondaire, et s'abaisser à mesure qu'ils s'éloignent du lieu de leur origine, comme le feraient des courans lentement entraînés sur un sol d'inclinaison médiocre. Mais s'il est aisé de concevoir, dans ce sens, la continuité des dépôts basaltiques que l'on trouve actuellement épars, on ne sauroit les réunir de même dans le sens latéral, et en faire par la pensée une

immense nappe dont les couches auroient été déposées à la manière des couches aquiformes qui leur servent de base. Ces dernières, quoique maintenant séparées par l'excavation des vallées, se retrouvent partout à des élévations pareilles; celles-là au contraire sont placées à des hauteurs trop différentes pour avoir jamais fait partie d'un seul et même dépôt. Il est évident que les basaltes ont coulé dans les bas-fonds d'une ancienne plaine fort élevée : ils occupent actuellement les hauteurs, parce que les intervalles sont détruits; et cette destruction a été l'effet d'une grande catastrophe, car on s'assure aisément que c'est à un seul et même événement qu'il faut attribuer le morcellement des couches basaltiques, la séparation qui existe maintenant entre le terrain primitif et le terrain secondaire, la réduction de leurs débris en sable et l'excavation des vallées qui sillonnent aujourd'hui les deux terrains. Cet événement a précédé l'éruption des volcans modernes à cratères subsistans; car les laves de ceux-ci sont continues, recouvrent souvent les basaltes et n'en sont jamais recouvertes.

	ÉLÉVATION ABSOLUE	
	En mètres.	En toises.
27. *Cap de Prudelles.* Au-dessus de la route de Clermont à Pontgibaud.	698.51	358.39
28. *Le Puy-de-Charade.*	919.95	472.00

27. Crête basaltique dressée sur un promontoire de granit fort saillant; basaltes prismatiques qui deviennent fort réguliers dans la partie que l'on voit au niveau de la route de Pontgibaud. Ce basalte est remarquable par l'abondance, la grosseur et la beauté des nœuds de péridot qu'il renferme. On retrouve des lambeaux de cette même couche sur toutes les parties adjacentes du plateau, qu'elle paraît avoir recouvert en entier. Je l'ai aperçue jusqu'au voisinage de la *Baraque* où elle est remplacée par la lave de Pariou.

28. On ne peut séparer le basalte de Charade de celui de Prudelles. Il a le même aspect et se fait remarquer également par la fréquence et la grosseur des nœuds de péridot qu'il renferme. Le Pyroxène y est aussi très-abondant et en nœuds très-volumineux. Mais ici, point de prismes. La couche est plutôt divisée en tables, et dans les parties supérieures on aperçoit une texture un peu poreuse. De plus cette couche a cela de remarquable, qu'elle descend en nappe sur les pentes adjacentes, et se divise comme un courant de lave, à la rencontre du Puy de *Montaudou* (n° 42). J'avois d'abord placé *Charade* à la tête des volcans modernes : la nature de son basalte y répugne. Mais s'il n'appartient pas aux plus anciennes des éruptions récentes, il paraît du moins appartenir aux plus modernes des éruptions anciennes, puisque l'existence de *Montaudou* est évidemment antérieure, et puisque les pentes mêmes le long desquelles cette couche est descendue, paraissent avoir été formées par un acci-

dent

dent postérieur à la formation de ces grands plateaux basaltiques. Le sommet de *Charade* est élevé de 68 mètres au-dessus du granit qui lui sert de base. (Voyez ci-dessus, n° 18).

	ÉLÉVATION ABSOLUE	
	En mètres.	En toises.
29. *Mont-Rodeix.* Cône basaltique couronné des masures d'un château.	927.35	475.80

Basaltes régulièrement prismatiques. Le château a été construit de prismes couchés l'un sur l'autre, comme tous ceux qui se trouvent dans une situation pareille. Ces basaltes reposent immédiatement sur le granit.

30. *La Font-de-l'Arbre.* Village sur un dépôt isolé de vieille lave lithoïde	805.44	413.25

La hauteur est prise dans le village, près du ruisseau qui le traverse. Le dépôt de laves sur lequel il est bâti forme au nord une légère éminence. Le granit qui lui sert de support en est à peine recouvert, et ne l'est que sur une petite étendue.

31. *Saint-Genès-Champanelle.* Bergerie impériale de mérinos. A la porte d'entrée du domaine de M. Dalmas.	886.35	454.76

Vieille lave imparfaitement prismatique. Elle est déposée immédiatement sur le granit.

32. *La Serre de Fonfrède* ou *Cheyre de St. Amans.* Tête de la Serre ou *Puy de Nadaïhat*	1054.56	541.07
Extrémité orientale de la Serre, au-dessus du village du *Crest.*	646.28	331.59
Le Crest. Village. Place de l'ancien château. . .	623.25	319.77

La Serre est une des coulées basaltiques les plus étendues, et c'est aussi l'une des plus remarquables, parce qu'elle se suit sans interruption depuis le plateau de granit jusqu'à une grande distance dans le terrain d'alluvion. Sa longueur excède un myriamètre, et sa largeur est très-considérable. Elle forme trois étages, au gré de la pente des terrains sur lesquels elle s'est épanchée. Le plus élevé constitue le Puy de *Nadaïlhat* qui a le granit pour support. A compter de ce point, le granit s'abaisse rapidement et la couche basaltique s'abaisse de même, puis s'étale en un plateau assez court et d'une inclinaison plus modérée. C'est là le second étage; il correspond au lieu où les couches secondaires s'appuyent contre les flancs du granit. De là, cette couche s'abaisse encore d'un degré; mais celui-là est peu élevé, et elle se prolonge presque horizontalement l'espace d'un demi-myriamètre au moins: c'est le plateau inférieur. Il est uni, sans aspérités et se conforme évidemment à la disposition des couches aquiformes qu'il recouvre. Cette succession d'étages moulés sur les degrés du sol qui les supporte, caractérise si bien un cou-

rant, qu'il est difficile de donner accès à aucune autre idée touchant l'origine d'un pareil dépôt. Le monticule du *Crest* n'est séparé du plateau inférieur que par une coupure étroite et accidentelle. Il lui appartient et en constitue la véritable extrémité. Le basalte de cette longue coulée est généralement uniforme et présente vers le haut des parties poreuses; mais on commence à reconnoître des divisions prismatiques vers le plateau intermédiaire ; elles sont encore plus manifestes au Crest dont le basalte a en outre une division tabulaire.

	ÉLÉVATION ABSOLUE En mètres.	En toises.
33. *Le Puy Girou*. Sommet basaltique élevé sur le terrain d'alluvion	850.65	436.45
34. *Gergovia*. Extrémité occidentale, au point le plus élevé.	761.41	390.66
Extrémité orientale, au point le plus élevé de cette extrémité.	751.88	385.77
Dépression intermédiaire, sur le chemin de la *Roche-Blanche*	726.00	372.49

Le Puy Girou et Gergovia sont manifestement deux lambeaux d'un seul et unique plateau basaltique, détruit du côté du sol granitique et divisé au point où le village d'Opma (n° 24) est situé. Le basalte n'a ici aucune configuration bien déterminée. On y remarque seulement des fissures dans le sens vertical. Le terrain d'alluvion a éprouvé des bouleversemens contemporains avec les irruptions des basaltes, irruptions qui paraissent s'être renouvelées à deux ou troisreprises. Il est principalement formé de calcaire marneux et contient une grande quantité de pechsteins et de l'arragonite.

Le plateau de Gergovia présente les débris d'une immense quantité d'amphores, des médailles romaines, des haches gauloises. On croit généralement que c'est le Gargovia de César. Il n'est pas clair que des conjectures suggérées par la lecture des commentaires n'aient pas pris ici la place de la tradition.

35. *Mont-Rognon. Mons regnans* suivant les uns; *Mons rugosus*, selon d'autres	713.35	366.00

Cône basaltique fort aiguisé, placé sur le terrain d'alluvion; basaltes prismatiques de petit diamètre. Le cône est couronné par les masures d'un vieux château construit de prismes couchés, comme *Mont-Rodeix* (n° 24), comme *Mont-Redon*, château voisin de la Serre de Fonfrède, comme le château de *Mont-Celet* que l'on trouve dans l'arrondissement d'Issoire, comme le château de *Stolpen*, décrit par les minéralogistes allemands.

36. *Les Côtes de Clermont*. Plateau basaltique sur le terrain d'alluvion	636.66	326.63
37. *Champturgues de Clermont. Campus Orgyus* des Romains. Même structure.	565.47	290.13

Champturgues et les Côtes ont été originalrement contigus, comme Gergovia et le Puy-Girou. Le basalte affecte dans le plateau des Côtes une disposition en table qui est plus obscure dans Champturgues. Le calcaire marneux qui sert de base à la coulée, est intercalé de couches assez épaisses d'argile.

	ÉLÉVATION ABSOLUE  En mètres.	En toises.
38. *Puy d'Auzelles.* Chapeau basaltique sur le sommet occidental d'une large montagne secondaire. . .	537.97	276.02

Cette montagne est à l'E. S. E. de Clermont. Elle cache le *Puy de Cornon* qui n'en est séparé que par un vallon peu profond. Les deux montagnes sont formées principalement de couches calcaires. Sur la face occidentale du *Puy d'Auzelles*, on rencontre des grès bitumineux comme ceux du n° 10, sans qu'on puisse s'assurer si ces grès pénètrent dans le corps de la montagne. Le *Puy de Cornon* présente aussi un lambeau de vieille lave. Au reste la hauteur que j'assigne ici au *Puy d'Auzelles* a été prise par un fort mauvais temps, et n'est pas bien sûre.

39. * *Puy Saint-Romain.* Au sud-est de Clermont. .	790.92	405.80

Vieilles laves basaltiques dont une partie en prismes imparfaits, déposées sur le terrain d'alluvion. Celui-ci est composé de grès tendres, de calcaires marneux, de glaise et d'un peu de gypse. L'observation du sommet a été faite par M. Cordier.

40. * *Puy de Corent.* Au S. S. E. de Clermont.		
Bord occidental.	627.89	322.15
Bord oriental	577.53	296.31

Vieilles laves basaltiques, accompagnées de leurs scories, dont une partie transformée en wake, et déposées sur un terrain semblable à celui du Puy Saint-Romain. Observation de Cordier. Celle du bord oriental est plus sûre que l'autre.

41. * *Puy d'Isson* ou de *Solignat.* Au sud de Clermont.	853.00	474.00
Solignat. Village.	639.00	328.00

Le Puy d'Isson et le village de Solignat sont dans l'arrondissement d'Issoire, au sud de Clermont. De vieilles laves basaltiques constituent la montagne et le sol du village. Les hauteurs absolues que je leur assigne ici ne sont qu'approximatives, vu les circonstances peu favorables dans lesquelles je les ai prises.

42. *Montaudou.* Monticule au sud-ouest de Clermont.	599.39	307.53

Ce monticule est entièrement formé de lave basaltique, qui paraît étrangère à toutes les laves qui l'environnent. La nature de la sienne et la disposition de ses couches, qui ont trébuché du côté du sud, semblent indiquer une existence antérieure aux circonstances dans lesquelles les laves modernes ont coulé. D'ailleurs, il est plus ancien que *Charade* (n° 28), qui est lui-même très-ancien. Son antériorité est évidente puisqu'il a fait obstacle

à l'écoulement des laves de celui-ci et en a divisé le courant. Il paraît même plus ancien que l'époque de l'excavation des vallées adjacentes, puisque ses couches ont trébuché dans le sens de l'excavation.

V. *Volcans modernes.*

Cônes plus ou moins réguliers ; cratères plus ou moins apparens ; scories, laves poreuses et boursoufflées formant la masse des montagnes ; courans de laves partant de leur base ; pozzolane et rapillo répandus au loin et constituant des couches très-épaisses et très-étendues sous lesquelles on trouve quelquefois de la terre végétale et des fragmens de bois demi-brûlé.

Ces volcans appartiennent à la dernière époque de révolutions dont cette partie de la terre a été le théâtre. Leurs laves se sont jetées dans les vallées de dernière formation. Le dessin du sol sur lequel ces laves ont coulé, n'a point subi de changemens considérables durant leurs éruptions, et n'en a plus subi aucun depuis que les foyers brûlans se sont éteints.

Toutes ces montagnes s'élèvent sur le sol granitique, et sont disposées dans un alignement dirigé du nord au sud. Elles ne correspondent généralement point à la partie la plus haute du plateau, et sont placées sur sa pente occidentale ; circonstance qui a naturellement porté de ce côté toutes les laves, quand elles n'ont pas rencontré des vallées ouvertes au levant. Ces laves sont de nature trapéenne et paraissent avoir tiré leur origine de filons de cette espèce dont le plateau granitique était ici traversé. Le Puy Châteix ci-dessus mentionné (n° 16) est l'exemple subsistant de ces filons.

	Élévation absolue	
	En mètres.	En toises.
43. *Gravenère*, c'est-à-dire *gravier noir*	829.84	425.77
Point de cratère, mais les signes les moins équivoques de volcanicité. C'est le premier volcan qui ait attiré ici les regards des naturalistes. Amas de laves poreuses, de laves cordées et en larmes, de pozzolane dans toute leur fraîcheur. Deux courans de lave dont l'un s'est étendu jusqu'à une grande distance.		
Courant méridional. Au-dessus du village de *Boisséghoux*	594.10	304.82
A *Boisséghoux*, au niveau des maisons supérieures du village	583.82	299.49
A *Beaumont*, au pied de l'église de ce village. . .	456.43	234.18
A l'*Oradou*, sur la terrasse antérieure de la maison, près de l'extrémité de ce courant.	371.50	190.61
Courant septentrional. A *Royat*, sur la place de l'église. Surface supérieure de la lave	518.43	265.99

	ÉLÉVATION ABSOLUE.	
	En mètres.	En toises.
A *Royat*, dans la grotte des sources. Surface inférieure de la même partie de la lave.	497.91	255.46
A *Montjoly*, au bas de la terrasse. Extrémité du courant	420.50	215.74

La lave de ces deux courans, que l'on voit sortir du sein des scories et qui en est partout accompagnée, prend l'aspect lithoïde et la texture basaltique, dans les points où la force de la pression et la lenteur du refroidissement ont favorisé le rapprochement régulier des molécules. A la grotte de Royat on reconnaît même une division en gros prismes. Ici, le courant a une épaisseur de vingt à vingt et un mètres. De cette grotte jaillissent les sources qu'un aqueduc conduit à Clermont. Vers l'extrémité de ce même courant, dans l'enclos de Mont-Joly, on remarque une cave méphitique, c'est-à-dire, dont l'air est vicié par une émission continuelle de gaz acide carbonique.

44. * *Le Puy de la Rodde*. Au S. O. de Clermont . .	1147.26	588.63

Sa lave et ses scories surtout contiennent de très-beaux cristaux de pyroxène.

L'observation de la cime est de M. Cordier. J'ai eu occasion de vérifier cette hauteur : elle est parfaitement juste.

Lac d'Aydat	849.59	435.90

Ce lac repose sur un fond de laves issues du *Puy de la Rodde*, mais la barre qui l'a formé en élevant une digue contre le cours du ruisseau, appartient aux laves des Puys de *la Vache* et de *la Gravouse*, réunies en un seul courant.

Le même courant a formé, au nord, le petit lac de la *Cassière*, plus élevé de 12 mètres.

La demeure de Sidoine Apollinaire était, dit-on, voisine de l'un ou l'autre de ces lacs.

45. *Le Puy de la Vache*, au sommet	1187.09	609.07

Un vaste et profond cratère, encore revêtu de ses murailles ; son bord est entièrement emporté du côté occidental. Cette brèche a donné issue à sa lave qui retourne à l'est et couvre une vaste étendue de pays. Ces déserts hérissés de laves, sont distingués par le nom de *Cheire* ou *Serre* ; c'est le *Sierra* des Espagnols, le *Sarrat* des habitans des Pyrénées, qui nomment ainsi tous les amas de rochers découpés en dents de scie.

La profondeur totale du cratère est de 153.32 mètres ou 78.67 toises.

46. *Le Petit Puy-de-Dôme*, adossé au grand Puy du côté du nord.	1277.44	655.42

Un beau cratère très-entier et très-régulier, nommé vulgairement le *nid de la Poule*. Il est environné d'un double rang de déjections, où l'on recueille du fer oligiste.

Profondeur du cratère, prise du bord méridional, 34.68 mètres ou 17.79 toises; prise du sommet principal, 89.06 mètres ou 45.69 toises.

La lave du petit Puy-de-Dôme est recouverte par celle de *Pariou*, ou bien se confond immédiatement avec elle.

	Élévation absolue	
	En mètres.	En toises.
47. *Puy de Pariou.* Sommet principal	1222.62	627.29
Oreille orientale du cratère	1201.21	616.31
Base orientale du Puy, prise sur la route de Limoges, au passage des *Goules*	1008.38	517.37
Sa base méridionale, prise sur la nappe de lave entre Pariou et le petit Puy-de-Dôme	998.34	512.22

Vaste et superbe cratère, tout-à-fait complet. Son pourtour excède 930 mètres, et sa profondeur, prise du sommet principal, est de 92.70 mètres ou 47.56 toises.

La nappe de lave se divise en deux courans qui suivent deux vallons granitiques.

Courant méridional. A *la Barraque*, embranchement des routes d'Aurillac et de Limoges	791.31	406.00
A *Villar*, au milieu du village	714.94	366.82
A *Fontmore*, près Clermont, à l'entrée de la grotte où ce courant se termine	429.01	220.11
Courant septentrional. A *Durtol*, au niveau des maisons supérieures du village	542.22	278.20
A *Nohannent.* Village où ce courant se termine; sur le bord du ruisseau	441.39	226.46
48. *Puy des Goules*, nommé *Montgoulide* dans les cartes de M. Desmarets	1156.65	593.45

Un cratère fort vaste, mais peu profond. La hauteur est prise sur le bord oriental, par un assez mauvais temps. Elle pourrait être un peu fautive.

Élévation de la montagne au-dessus du passage des Goules ou défilé qui sépare cette montagne du Puy de Pariou, 148.27 mètres ou 76.08 toises.

Ce passage des Goules, qui fait partie de la route de Clermont à Limoges, est fort dangereux l'hiver, à cause de son élévation absolue et de la quantité de neige que les vents d'ouest y amassent. Il est tracé en général sur le granit, mais relevé ici par un courant de lave issue de Pariou.

Voyez dans le 4e mémoire ci-après, la hauteur absolue du passage des Goules et des différens points de la route.

	ÉLÉVATION ABSOLUE	
	En mètres.	En toises.
49. * *Le Puy de Come.*	1277.73	655.57

L'un des volcans modernes les plus élevés de cette région. Il domine visiblement le Puy de Pariou, et égale en hauteur le petit Puy-de-Dôme, si toutefois nous pouvons compter entièrement sur la mesure que nous a fournie une observation unique, faite par un temps orageux. M. Cordier tenait le baromètre à la cime.

Le Puy présente une couple de cratères peu apparens, et a fourni de ses bases, deux des laves les plus considérables de la contrée.

VI. *Puys feldspathiques.*

Parmi les puys volcaniques dont les déjections sont de la nature trapéenne, s'élèvent quatre montagnes : le *Puy-de-Dôme*, le *grand Sarcouy*, le *grand* et le *petit Cliersou*, dont la roche a le feldspath pour base et des parcelles de pyroxène pour accessoire ordinaire, roche à laquelle on ne trouve d'analogues que dans des contrées volcaniques fort éloignées de celle-ci, et qui se fait remarquer entre ces analogues par des caractères assez distinctifs pour que les minéralogistes allemands aient cru devoir la signaler particulièremment par la dénomination de *Domite*. Elle est unique, au moins, dans le système des montagnes de l'ancienne Auvergne, et semble encore plus étrangère au granit qui leur sert de base, que ne l'est la cornéenne ou le trapp auxquels les laves bien caractérisées doivent leur origine. Hors des quatre montagnes qui viennent d'être nommées, on ne retrouve plus la *Domite*, si ce n'est dans leurs dépendances immédiates, tantôt cachée à la base de quelques Puys volcaniques, tantôt à découvert dans certaines protubérances superficielles, et constituant en grande partie le *Puy-Chopine*, où on la voit associée au granit, au *grunstein*, à des portions de lave trapéenne, à des roches diversement altérées par le feu ; assemblage bizarre dont la singularité exerce depuis long-temps la sagacité des naturalistes.

Cette pierre n'est point sous sa forme primitive ; car elle a enveloppé çà et là des fragmens de granit. Elle a souffert l'action du feu, car on en reconnoît les traces, tantôt dans ces fragmens, tantôt dans sa propre contexture. Au moins a-t-elle été altérée par les agens volcaniques, car certaines parties sont imprégnées d'acide nitrique. Les uns regardent les montagnes qui en sont construites comme chauffées en place ; d'autres les font sortir toutes formées des entrailles de la terre par un effort prodigieux des gaz dilatés ; plusieurs sont tentés de les considérer comme des restes de la salbande qui accompagnoit le filon de cornéenne où les volcans voisins ont puisé la matière de leurs déjections. Tous, en un mot, lient leur existence à celle des volcans, et ceux qui savent que toutes les pierres

liquéfiées par le feu, sont susceptibles de recouvrer la texture lithoïde par un refroidissement lent et accompagné d'une pression suffisante, ne répugnent même nullement à supposer ici l'action du feu dans toute son énergie, si toutefois l'ensemble des phénomènes vient à rendre cette supposition nécessaire.

Pour expliquer ces montagnes il ne nous manque peut-être autre chose que ce qui leur manque à elles-mêmes, savoir ce que les accidens postérieurs ont soustrait à leur masse ou dispersé de leurs accessoires. Isolées, en petit nombre, sans connexion bien apparente avec les montagnes qui les environnent, dernier reste enfin du plus ancien terrain que les convulsions de l'époque volcanique aient produit ou modifié, elles demeureront une énigme peut-être insoluble, si le bizarre mélange qui constitue le *Puy-Chopine* ne l'explique pas. Pour déterminer le jugement il faut des rapports. Il falloit voir les basaltes de France avec l'appareil volcanique qui les accompagne, pour rendre au domaine du feu les basaltes de l'Irlande et de l'Allemagne; et sans la connoissance que nous avons acquise de l'immense système des volcans du Pérou, nous nous demanderions probablement encore s'il est possible que les porphyres et les phonolithes du Mont-d'Or aient coulé.

	Élévation absolue	
	En mètres.	En toises.
50. *Le grand Sarcouy*	1157.73	594.00

La montagne des sarcophages ou des cercueils. De là et de *Cliersou*, les anciens tiraient des tombes que la porosité de la pierre rendait propres à dévorer les chairs. On en voit encore des ébauches sur place, dans les cavernes nombreuses que cette extraction a creusées.

La hauteur que j'assigne à cette montagne est probablement susceptible de correction. Elle a été prise par un très-mauvais temps.

Le *petit Sarcoui* n'a nul rapport de composition avec celui-ci.

51. *Le Puy-de-Dôme, Podium dumense* des anciens. .	1477.37	758.00

Le groupe entier des montagnes dont celle-ci fait partie, était autrefois réuni sous une dénomination commune. C'était ce qu'on appelait les *Monts-Domes* comme on appelait *Monts-Dores* le groupe dont le *Puy de Sancy* est le centre. C'est donc par abus que l'on dit *Puy-de-Dôme* au lieu de *Puy-Dôme*, et qu'on écrit *Mont d'or* comme si l'on entendait par là *Mons aureus*. Le vrai nom de ce dernier est conservé dans celui de la *Dore* qui y prend sa source ainsi que la *Dogne*; et la réunion de ces deux petites rivières forme la Dordogne dont le nom exprime cette réunion.

Le Puy-de-Dôme est un véritable colosse, eu égard aux montagnes qui l'entourent. Il s'élève de plus de sept cents mètres au-dessus de la base commune. Son volume répond à son élévation. Le Puy de *Sarcoui* a aussi une masse très-considérable si on le compare aux Puys volcaniques qui l'avoisinent.

Quelle

Quelle que soit l'opinion que l'on adopte sur l'origine des montagnes de Domite, il faut nécessairement prendre cette hauteur et ce volume en grande considération.

VII. *Montagnes porphyriques.*

Au sud-sud-ouest du Puy-de-Dôme, et dans la direction qu'affecte la série des Puys volcaniques dont il est accompagné, s'élève le groupe des Monts-Dores, et beaucoup plus loin, sur la même ligne, un autre groupe dont le Cantal est le centre. Un troisième groupe, celuidu Mezen, se trouve aux sources de la Loire, hors de l'alignement de ceux-là; mais la direction du sud au nord se fait remarquer dans les montagnes à cratères qui l'avoisinent. C'est une parallèle tracée à l'orient de la première ligne.

Le feldspath est la base des Monts-Dores, du Cantal et du Mezen, comme il est celle du Puy-de-Dôme, du grand Sarcoui et des deux Cliersou : ce n'est plus, il est vrai, sous la forme de domite qu'il se présente; des porphyres, des phonolites, du *grünstein*, voilà ce qui constitue principalement ces grandes montagnes, les plus hautes et les plus considérables de l'ancienne France. Mais en vain on se prévaudrait de quelques différences accidentelles et légères, pour assigner des origines diverses à ces roches que la nomenclature divise et que réunit la nature. La matière est la même; les accessoires sont pareils. Le Puy-de-Dôme, le Mont-d'Or, le Cantal et le Mezen, formés de feldspath, portés sur le granit, accompagnés de basaltes et de laves modernes, appartiennent à un seul et même système, et ce système est inséparable de celui des volcans; car on ne rencontre leurs porphyres, leur domite, leurs klingstein, qu'accompagnés de déjections volcaniques; et hors du domaine volcanique, on ne les rencontre plus.

	Élévation absolue	
	En mètres.	En toises.
52. * *Le Puy de Sancy*, sommet du Mont-d'Or . . .	1888.32	968.85
Les Bains du Mont-d'Or, environ	1072.00	550.00

La hauteur absolue du Mont-d'Or est déterminée par les opérations trigonométriques de M. Delambre; celle du village des bains est déduite de quelques observations barométriques que j'ai faites dans des circonstances trop peu favorables pour y avoir une entière confiance.

Le Mont-Dore, *Mons Duranius* (Sid. Apoll.), vulgairement et abusivement appelé Mont-d'Or, est un amas de montagnes dont la base embrasse une très-vaste étendue, et dont la cime principale porte le nom ancien du *Puy de Sancy*, et le nom moderne de *Puy de la Croix*. Le granit qui supporte ces masses en est entièrement recouvert. On ne l'aperçoit que sur leurs limites. Du côté de la vallée des bains, il se montre à *la Bourboule*, au fond de l'excavation où coule la Dordogne.

ÉLÉVATION ABSOLUE
En mètres. En toises.

Les diverses roches dont le groupe des Monts-Dores se compose, sont identiques par leur nature, mais elles varient dans leur disposition et leur aspect, comme varie toute espèce de roches dans les différens points de l'espace qu'elle occupe, et comme varie le granit lui-même qui sert de support à ces montagnes. C'est toujours du feldspath, ici sous forme de porphyre, là sous celle de *porphyr-schiefer* ou de *klingstein*. La base du porphyre est tantôt le feldspath pur, tantôt le feldspath mêlé d'amphibole. Il contient tour à tour du mica, de la pictite et jusqu'à du fer oligiste. Déposé communément en masses de forme indéterminée, il se figure souvent en prismes très-réguliers. Ceux que l'on observe à Cacadogne le disputent avec ce que les coulées basaltiques ont de plus beau en ce genre. Les phonolites de *Roche-sanadoire* sont disposés en prismes divergens, ceux de *la Tuillière* en prismes verticaux subdivisés en feuillets.

Les traces de l'action du feu ne peuvent être méconnues. Beaucoup de cristaux de feldspath sont manifestement frités; les porphyres les plus frais renferment çà et là des fragmens de scories. Dans les phonolites de *Roche-sanadoire*, on a trouvé des portions poreuses et boursoufflées, et dans une vallée au-dessous du *Puygros*, M. Cocq a reconnu sur place une coulée d'*obsidian-porphyr*. Enfin, au fond de la vallée du Mont-Dore, on rencontre une brèche contenant du soufre en masse, et du côté du levant toutes les collines sont couvertes de débris ponceux remaniés par les eaux et rangés au nombre de leurs dépôts : c'est ce que les minéralogistes d'Auvergne ont mal à propos qualifié de *tripoli*.

L'irruption des laves basaltiques a succédé ici à celle des laves feldspathiques; les basaltes recouvrent les porphyres et les dépôts ponceux, comme ailleurs les laves modernes recouvrent les basaltes. On voit ceux-ci de tous côtés sur le faîte ou sur le flanc des collines. Ils ne sont pas loin du lieu d'où ils sont sortis, à en juger par les scories très-fraîches qu'on trouve à la cime de *la Drèbise*; et si l'on considère l'élévation de ces coulées, la direction qu'elles affectent, le sens dans lequel l'inclinaison des pentes a dû les conduire, l'identité enfin de leur basalte avec celui qui forme la plupart des plateaux de la Limagne, on est bien tenté de croire que ces dernières n'ont pas d'autre origine, et que toutes ces vieilles coulées, dont les lambeaux couvrent actuellement des éminences morcelées par les accidens postérieurs, remontent au Mont-Dore comme à leur source commune.

53. * *Plateau de Pardine* 628.50 322.47

La base de ce plateau est un terrain tertiaire, composé d'argiles sablonneuses, de calcaires marneuses et de glaises. Elle est recouverte par une brèche à base de tuffa ponceux, et à fragmens de laves porphyriques et basaltiques d'un volume souvent très-considérable. Deux bancs de cailloux roulés divisent cette brèche. Un autre banc énorme de cailloux semblables, sépare le terrain volcanique du terrain tertiaire. Ces cailloux

sont du quartz, du basalte et du granit. L'assise de brèche contient de plus une coulée très-épaisse de basalte prismatique, posée sur l'avant-dernier lit de galets et le long du bord septentrional du plateau. (Note de Cordier.)

Voilà un de ces lits de dépôts ponceux que l'on rencontre depuis le Mont-d'Or jusqu'à l'Allier.

Cette hauteur est peu sûre, vu le mauvais temps et la distance de Clermont à Pardine, où M. Cordier observait le baromètre.

	Élévation absolue en mètres.	Élévation absolue en toises.
54. * *Le Plomb du Cantal*, département du Cantal.	1857.74	953.00

Je ne connais le Cantal que par les ouvrages des minéralogistes qui l'ont visité, et par des échantillons qui prouvent l'analogie de ses roches avec celles du Mont-Dore, du Puy-de-Dôme et du Mézen.

Sa hauteur est établie par les opérations de M. Delambre. Je joins ici les autres hauteurs qu'il a bien voulu me communiquer.

Le Puy Violan.	1594.41	818.05
Le Puy Mari.	1659.60	851.50
Col de Cabre.	1689.81	867.00
55. * *Le Mézen*, département de la Haute-Loire.	1773.88	910.13

Cette hauteur est déterminée par deux suites d'observations barométriques, faites en deux jours différens par M. Cordier au Mézen, et à Clermont par moi. Les résultats des deux jours concordent si parfaitement, qu'il est difficile de ne pas accorder de la confiance à cette mesure, malgré la distance des deux baromètres.

Le Mézen, dit M. Cordier, est l'immense ruine d'un colosse volcanique, analogue à ceux dont le Cantal et le Mont-d'Or sont les restes. Les courans et les déjections incohérentes, soit durcies, soit empatées, s'y montrent également pêle-mêle; mais l'épaisseur de l'encroûtement volcanique, qui recouvre le granit, est moins considérable. En général, les premières laves ont été basaltiques, les autres sont feldspathiques, et constamment porphyriques. Le feldspath en masse qui en constitue la base est tantôt grenu à grains fins, tantôt terreux, tantôt parfaitement compact, dur et résonnant sous le marteau. Les trois variétés se rencontrent souvent dans le même courant. Non seulement toutes ces laves sont accompagnées de leurs croûtes scorifiées inférieures et supérieures, mais les brèches avec lesquelles elles alternent, contiennent une immensité de scories parfaites, bien autrement conservées qu'au Cantal et au Mont-d'Or; et leur volume souvent très-considérable, atteste la proximité des bouches d'où toutes ces déjections sont sorties.

Le sommité de la montagne est un petit plateau de lave porphyrique à base de feldspath compacte, un véritable *Klingstein*. De sa base partent de vastes plateaux basaltiques et feldspathi-

ques, qui se prolongent au loin en s'abaissant toujours, et sur le dos desquels on voit quelques débris coniques ou cylindriques, restes des courans qui leur étaient superposés.

Du côté de l'ouest, la moyenne région du Mézen offre plusieurs cratères isolés et bien conservés. Quoique assez distans les uns des autres, ils sont rangés sur la même ligne méridienne. Les courans qu'ils ont vomis, moulés d'abord dans des vallées étroites et profondes, ensuite entamés par les torrens sur l'une de leurs lisières, présentent dans leur escarpement des suites de colonnes prismatiques, auxquelles rien n'est comparable dans la reste des montagnes de l'intérieur de la France.

	ÉLÉVATION ABSOLUE En mètres.	En toises.
Le Puy en Velai, environ	632.00	324.26

Cette hauteur est très-imparfaitement établie. Je n'ai que les observations de deux journées faites par M. Cordier. Le temps était très-mauvais; la distance est très-grande, et je ne sais pas précisément à quel point de la ville ces observations se rapportent.

Au reste, je trouve dans un ouvrage récemment imprimé au Puy (*), que la place du Marthouret est élevée de 325 toises au-dessus du niveau de la Méditerranée. Je ne sais d'où l'auteur a tiré cette mesure; mais si elle ne remonte pas à notre opération même, il faut convenir que la rencontre est remarquable.

Nota. Dans les courses que j'ai faites pour tracer cet essai topographique, j'ai été constamment accompagné et aidé par l'homme du pays qui, après M. Mossier père, le connaît le mieux et l'a observé avec le meilleur esprit; par M. Cocq, inspecteur des poudres, qui a succédé au patriarche des minéralogistes d'Auvergne, dans l'usage aussi modeste que généreux qu'il fait de ses connaissances, et le rare désintéressement avec lequel il n'a cessé de les communiquer à tous ceux qui ont visité cette intéressante contrée. Quant aux hauteurs que j'ai récemment ajoutées à mon tableau, j'en dois une partie aux observations que M. Cordier, actuellement inspecteur-divisionnaire des mines et correspondant de l'institut, a bien voulu faire avec moi. Il m'a communiqué des notes précieuses sur la nature des montagnes que je n'ai pas été à portée de voir. Je désire avec tout le monde qu'il nous fasse bientôt jouir de l'ensemble de ses recherches sur les volcans éteints dont il a fait une étude particulière, et sur lesquels il nous fait espérer un ouvrage qu'attendent impatiemment tous les amis de la science.

Au reste, j'ai moins fait ici qu'indiqué un grand travail à faire; et j'espère bien donner un jour plus d'étendue à ce premier essai. Il me suffisait, quant à présent, de montrer l'utilité que le naturaliste peut tirer du baromètre pour constater des différences de niveau, qui jettent beaucoup de lumières sur les révolutions qu'une pareille contrée a subies.

(*) Essai sur l'Histoire naturelle etc. de l'arrondissement du Puy, par *Vital Bertrand*. Au Puy, 1811

TABLE ALPHABÉTIQUE.

(Les Chiffres indiquent les numéros et non les pages.)

QUATRIÈME MÉMOIRE,

Lu à la classe des Sciences mathématiques et physiques de l'Institut de France, le 26 juin 1809.

Essais sur de petites différences de niveau.

M. de Prony pense que le coefficient nouvellement introduit dans la formule de M. de la Place, est trop fort pour la mesure des petites hauteurs, et que l'ancien coefficient 17972, moindre d'environ un quarante-deuxième, donnerait plus exactement des différences de niveau peu considérables.

Ce savant paraît se fonder principalement sur une observation faite au Mont-Cenis, et consignée dans l'*Annuaire* du bureau des longitudes pour la présente année 1809, pages 88 et suivantes, en note. (*)

(*) Il est otile à l'intelligence de ce mémoire de transcrire ici la note de M. de Prony.

La hauteur de 692 mètres (du point culminaot de la route du Mont-Cenis au-dessus de Lans-le-Bourg,) est donnée par le nivellement des ingénieurs. Voici le résultat d'une mesure barométrique que j'ai faite le 1er janvier 1807.

Hauteur de la colonne de mercure aux deux stations.

Première, à Lans-le-Bourg.	$0^m.6469$
Deuxième, au point culminant du col, en fesant la correction relative à la variation de la densité du mercure, due au chaogement de température.	$0\ .5920$

Température de l'air (Therm. centigr.)

A Lans-le-Bourg.	$0^o.0$
Au point culminant du col.	$-2\ .0$
Différence de niveau, en employant le coefficient 17972.	689^m
Différence de niveau, donnée par le nivellement.	692
Excès du deuxième résultat sur le premier	3

Le dernier coefficient déterminé par M. De Laplace, égal à 18393, ajouterait 16 mètres aux 689 déduits de mes observations barométriques, et c'est ce coefficient qu'il faut employer dans le calcul de la hauteur du point culminant du col au-dessus du niveau de la mer. Si, pour faire ce calcul, on combine la hauteur (prise sans correction) $0^m.5918$ de la colonne

La valeur que j'ai assignée à cet élément indécis de la formule, n'est pas de celles qui s'établissent et qui se jugent d'après un cas particulier, et sur la foi d'une expérience unique. J'aurais donc fait peu d'attention à l'observation du Mont-Cenis, si elle n'appartenait à un homme de très-grande autorité dans les sciences exactes. Dès que M. de Prony élevait un doute, je me suis cru obligé de douter et de soumettre mon coefficient à des épreuves du genre de celle qu'il lui avait fait subir.

S'il est vrai que mon coefficient convienne pour les grandes hauteurs, et devienne trop fort pour une hauteur de 692 mètres, la réduction dont il est susceptible doit augmenter à mesure que les différences de niveau diminuent, en sorte qu'il faudrait chercher le *maximum* de cette réduction dans les hauteurs de quarante ou cinquante mètres; mais alors l'erreur du coefficient risquerait de se perdre dans l'erreur de l'observation. Les différences de niveau de deux cents à six cents mètres sont au-dessus de ce soupçon; l'erreur du coefficient s'y manifesterait par des erreurs de dix à quinze mètres, et l'on opérerait bien négligemment si l'incertitude des observations était suffisante pour couvrir long-temps de pareilles quantités.

J'ai donc choisi, dans ces limites, plusieurs points voisins de ma résidence. Comme dans la recherche de la vérité, l'esprit le plus droit n'est pas encore une caution suffisante contre la prévention, j'ai voulu que l'élévation de ces points ne me fût connue par aucune opération géométrique, et je me suis réservé d'en faire faire le nivellement quand j'aurais appris sur cette élévation tout ce que le baromètre pouvait m'apprendre.

---

de mercure, que j'ai observée à la température $-2°.0$ tant du mercure que de l'air, avec la hauteur $0^{m}.76202$, à la température de $+25°.0$ déduite des observations de Humboldt, la correction sera de $0^{m}.00295$ pour ma hauteur du mercure, qui deviendra $0^{m}.59475$, et on trouvera la hauteur du point culminant du col au-dessus de la mer, égale à 2070 mètres. Ce résultat diffère de 4 mètres seulement de celui de Saussure, la hauteur donnée par cet habile observateur étant de 2066 mètres.

J'ai

J'ai voulu encore que les sites fussent très-dissemblables : c'est tantôt une plaine étendue, tantôt un sommet aiguisé, tantôt une gorge étroite et fortement dominée.

J'ai voulu aussi y porter le baromètre dans des circonstances très-variées, le voir tour-à-tour très-haut et très-bas, l'essayer à des températures très-diverses et avec des vents très-différens. Pour remplir ces indications, j'ai même risqué des observations par des temps qui ne leur étoient rien moins que favorables. Il était bon de faire la part des accidens pour donner une mesure aux aberrations de la méthode. Mais en général, j'ai choisi de beaux jours, pour obtenir, autant qu'il étoit possible, le produit net de la formule, dans une saison qui n'était pas déjà trop propice aux observations barométriques, puisque la majeure partie de ces observations a été faite durant les intempéries d'un printemps remarquable par l'irrégularité des modifications de l'atmosphère. De plus, je n'ai jamais observé qu'à midi, ou du moins entre onze heures et une heure, seul espace de temps qui convienne à des opérations où l'on aspire à l'exactitude. Enfin les observations de Clermont ont toujours été simultanées, et je n'ai jamais suppléé à cet indispensable concours par les réductions que l'on est accoutumé de faire quand il ne s'agit que d'obtenir des évaluations approximatives.

J'ai employé deux baromètres de Fortin, parfaitement semblables et soigneusement comparés. Ils ont été chaque fois vérifiés au départ et au retour. Avec ces instrumens, on peut répondre du niveau à un ou deux centièmes de millimètre près, quand on a contracté l'habitude d'observer le contact de l'aiguille, non-seulement par réflexion dans le miroir de mercure, mais encore en transparence et au moyen de l'interception de la lumière.

En général, quand on observe aux heures prescrites et par des temps favorables, les baromètres n'ont que très-peu de part aux fautes qui se commettent dans la mesure des hauteurs, et des instrumens seulement passables, mais exactement comparés,

rempliraient encore assez bien l'objet qu'on se propose, quand même ils ne donneraient pas précisément la hauteur absolue de la colonne de mercure équipondérante à la colonne d'air.

Il n'en est pas ainsi des thermomètres : ce n'est pas assez qu'ils soient relativement justes s'ils ne le sont absolument, ou du moins si l'on ne connaît parfaitement la quantité dont ils sont en défaut. Il ne me semble pas inutile d'insister sur cette nécessité, quand je vois sortir des mains des meilleurs ouvriers, des thermomètres mal réglés ou mal calibrés qui ne reviennent pas aux termes fixes à un ou deux degrés près. On sent que dans ce cas, l'erreur des thermomètres déplace le point de départ des dilatations qu'ils sont chargés de mesurer, et que ce déplacement peut occasionner des erreurs de plusieurs mètres sur des hauteurs peu considérables. Mais ce n'est pas tout, et quand même ces instrumens sont sans reproche, leur observation n'en est pas moins la partie la plus délicate de l'opération, à raison de la difficulté que l'on trouve, soit à les placer convenablement, soit à démêler dans leurs indications la température qu'il importe de constater.

D'abord, en ce qui concerne le thermomètre adapté au baromètre et destiné à faire connaître la température du mercure, celui-là n'étant point plongé dans le mercure même, ne dépose réellement que de la chaleur du lieu où l'appareil est placé. Ses indications ne se rapportent exactement au baromètre que lorsque celui-ci se trouve dans un lieu clos dont la température varie peu, et varie assez lentement pour que les deux instrumens associés aient le temps de se mettre d'accord. En plein air, au soleil, au vent, c'est tout autre chose. Les variations du thermomètre devancent toujours les changemens que la température intérieure du baromètre éprouve. Il faut abriter ses instrumens le mieux qu'il est possible, soustraire le tube et surtout la cuvette aux rayons du soleil, laisser à l'instrument le temps de perdre la chaleur qu'il a acquise dans le transport, ou de prendre celle

du lieu où il vient d'être placé. Il faut observer d'instans en instans les mouvemens du thermomètre, distinguer avec soin ce qui appartient à la réverbération, aux accidens passagers, et noter toujours son indication avant de procéder à l'observation du baromètre, parce que le voisinage prolongé de l'observateur suffit pour changer la température superficielle avant que la température intérieure ait eu le temps de participer à la variation. Toutes ces difficultés sont plus grandes pour les baromètres montés en bois que pour ceux qui sont montés en cuivre, parce que ceux-là s'échauffent et se refroidissent avec moins de promptitude et d'uniformité. Faute des précautions que j'indique il est aisé de se tromper d'un degré ou deux sur la chaleur réelle du mercure : cette erreur en entraîne une de deux ou trois mètres sur la hauteur mesurée, erreur assez considérable pour les petites différences de niveau.

Quant au thermomètre libre, autre écueil des observations ordinaires, on pense bien que j'ai profité de l'expérience de Pictet et de Saussure. Je l'expose dans le lieu le plus découvert et le plus aéré, à l'ombre seulement du bâton qui le porte. Je l'écarte autant qu'il est possible des surfaces réverbérantes, et le tiens à la plus grande élévation où je puisse commodément l'observer. Il est suspendu au bâton à l'aide d'un crochet à longue tige qui l'en éloigne d'un décimètre au moins, et il est maintenu inférieurement par un anneau qui l'embrasse et le retient dans une position parallèle à celle de son support. Mais quelque chose que l'on fasse on ne peut pas toujours le soustraire entièrement à l'influence de la température locale, et le préserver des variations qui ont leur origine dans la lutte de cette température et de ses modifications avec celle qui appartient à l'air libre. Il monte et baisse à chaque instant, selon que le soleil se montre ou se cache, que le vent souffle ou s'appaise. La température du calme est toujours suspecte : c'est ordinairement celle du lieu. La température du vent n'est pas toujours sûre quand ce vent

n'est que passager ou accidentel. L'habileté de l'observateur consiste à distinguer, dans les diverses indications, celle qui exprime avec le moins d'ambiguité la température véritable de la couche d'air soumise à l'expérience. En inscrivant, au hasard, le degré que marque le thermomètre à l'instant où se fait l'observation barométrique, on risque de se tromper d'un ou deux degrés sur la chaleur moyenne de la couche interceptée, et d'introduire dans le calcul de la hauteur une erreur de plusieurs millièmes qui devient fort considérable lorsque la hauteur est grande.

Et il est à remarquer que les erreurs occasionnées par les deux thermomètres, ayant communément la même origine, se cumulent plus souvent qu'elles ne se compensent, et qu'alors il est aisé de se tromper de sept ou huit mètres sur une différence de niveau médiocre; et c'est presque toujours en excès que l'on se trompe quand on observe par le beau temps, et surtout en été et au soleil, circonstances où se font la plupart des observations de ce genre. C'est le contraire quand on observe à la pluie, à la neige, dans un brouillard qui n'est point général: la mesure pêche par défaut, parce que les thermomètres indiquent la température du météore, au lieu d'indiquer celle de l'air. Il importe donc beaucoup à l'observateur de se rendre raison de la marche de ses thermomètres. La mesure des hauteurs n'est rien moins qu'une opération purement mécanique. Il ne suffit pas que les observations soient matériellement bien faites: il faut encore qu'elles soient raisonnées. Tout instrument requiert de celui qui l'emploie, non-seulement l'espèce de dextérité qui convient à son maniement, mais aussi l'habitude d'un ordre de réflexions appropriées à son usage; et les instrumens météréologiques, tout aussi parfaits que bien d'autres, ne paraissent si souvent en défaut que parce qu'à force de trouver de la facilité à les consulter, on les traite habituellement avec une légèreté qui en rend la précision inutile.

Mais on a beau être attentif, il y aura toujours quelques erreurs si la température est très-variable, comme il arrive lorsque le vent est intermittent, lorsque les apparitions du soleil sont passagères, lorsque la neige ou la pluie, tombant par intervalles, apportent momentanément dans la région inférieure, la température des couches supérieures de l'atmosphère. On aperçoit très-distinctement l'effet de ces vicissitudes dans les séries d'observations faites à des instans rapprochés, pour déterminer l'élévation d'un seul et même point; elles occasionnent des variations d'une couple de mètres dans la mesure, variations que l'on distingue fort bien de celles que l'on pourrait imputer au baromètre. C'est principalement à cette cause que j'attribue les écarts plus ou moins grands que l'on remarquera dans quelques-uns de mes résultats. J'aurais pu exclure ceux qui sont disparates; mais dans une question où il s'agissait moins de la critique des opérations, que de la critique de la formule, il n'y avait rien à écarter de ce qui servait à mettre sa marche à découvert. Je donne donc les cinquante-trois observations que j'ai faites, bonnes ou mauvaises, et sans en supprimer aucune. Ceux qui se connaissent en opérations de ce genre conviendront que je n'ai pas mis mon coefficient à une légère épreuve.

Les observations sont calculées dans la forme expéditive dont j'ai annexé le type à mon premier Mémoire, et le coefficient 18393, est corrigé pour la latitude 45°50.

J'avertis aussi que j'ai toujours eu égard à la petite quantité dont la cuvette du baromètre supérieur s'est trouvée au-dessus ou au-dessous du point dont je mesurais l'élévation. Mais pour ne point surcharger mes tableaux d'additions et de soustractions, j'ai fait porter sur l'observation barométrique elle-même la légère correction que cette circonstance rendait nécessaire. Elle atteint rarement à cinq centièmes de millimètre.

PREMIÈRE ÉPREUVE.

La Barraque.

(Situation très-favorable.)

La *Barraque* est une hôtellerie située à l'embranchement des deux routes d'Aurillac et de Limoges, sur le plateau de granit qui domine Clermont et la Limagne. Quoique ce site ne constitue pas une plaine proprement dite, cependant rien ne s'oppose à ce que les vents y conservent leur direction et leur inclinaison naturelle. Mon baromètre y était placé fort commodément, et je pouvais le tenir à l'abri du vent et du soleil. La distance horizontale de la Barraque à Clermont n'est que d'environ cinq mille mètres.

Je range mes observations dans l'ordre des moyennes températures de la colonne d'air.

Observ.	Jours.	Température moyenne.	Vents.	Station inférieure.			Station supérieure.			Hauteur déduite.
				Baromèt.	Th. du B.	Th. libre.	Baromèt.	Th. du B.	Th. libre.	
1re. . .	12 mars 1809.	+ 0.7	N E. un peu fort . .	723.60	+11.9	+ 2.5	688.55	0.0	− 1.2	380.03
2e . . .	26 février. . .	3.5	N E. très-beau . . .	737.73	12.3	5.0	702.54	+ 2.3	+ 2.0	380.91
3e . . .	. . . .	3.7	— de même	737.65	12.4	5.2	702.49	2.2	2.1	380.54
4e . . .	8 mars. . . .	9.6	E N E. ciel trouble.	738.55	14.1	10.4	704.85	9.6	8.7	380.41
5e . . .	1 mars. . . .	9.7	S O. un peu fort . .	735.70	12.7	10.5	702.30	9.2	8.8	380.08
6e . . .	20 mars. . . .	13.7	O. nuages.	731.90	13.5	16.2	699.39	11.3	11.1	379.31
7e . . .	19 mars. . . .	13.8	S O. gros nuages . .	729.55	14.0	15.5	697.09	12.7	12.0	381.51
8e . . .	15 mai 1808.	22.7	E N E. superbe. . .	734.72	21.9	23.6	703.84	25.6	21.8	380.07
							Moyenne.			380.36

La dernière des huit observations, dans l'ordre des températures, est l'observation unique d'après laquelle j'ai établi, l'année passée, l'élévation absolue de la Barraque telle qu'elle est notée sous le n° 47 du tableau des hauteurs, annexé à mon troisième

Mémoire. On voit que si la moyenne est juste, il n'y a pas grand chose à réformer.

Quand des observations faites dans des circonstances aussi variées, marchent avec un pareil accord, il y a lieu de croire que leur résultat est l'expression pure et nette des propriétés de la formule.

On remarquera que la diversité des vents n'a point eu d'influence apparente sur les mesures ; 1°. parce qu'ils étaient en général assez modérés ; 2°. parce que la différence de niveau est petite ; 3°. parce que la distance horizontale est très-médiocre. L'explication que j'ai donnée ailleurs de l'influence des vents, suffit pour faire concevoir à quel point le concours de trois circonstances aussi favorables est propre à en atténuer l'effet.

Il est encore à remarquer que la grande diversité des températures ne s'est nullement fait apercevoir dans les hauteurs déduites, et la régularité de cette série met dans tout son jour l'uniformité de marche de la correction adoptée par M. de la Place. Mais les séries suivantes, pour être moins régulières, n'en sont pourtant pas moins propres à démontrer cette même uniformité ; car on y voit les mesures fortes et faibles se distribuer à peu-près indifféremment entre les diverses températures, en sorte que les erreurs en excès ou en défaut ne peuvent être imputées qu'aux accidens qui ont troublé les observations.

J'ai toujours obtenu des résultats semblables, et ce n'est pas sans examen que je m'en suis tenu au rapport 1 : 250 et à la supposition du décroissement de chaleur uniforme, dont la combinaison me paraît satisfaire d'une manière très-heureuse, à la double correction de la chaleur et de l'humidité. On a proposé d'y faire divers changemens, et je les ai essayés : ils m'ont paru tantôt indifférens, tantôt incertains et difficiles, tantôt en contradiction avec le résultat des observations. Je ne tirerai, du mauvais succès de mes épreuves, aucune induction contre les motifs plus ou moins spécieux qui ont suggéré l'idée de ces changemens ; j'en conclurai seulement que pour la solution du pro-

blême de la mesure des hauteurs, problême fort compliqué, et dont les conditions sont loin de nous être toutes connues, la méthode empirique a souvent des ressources qui échappent aux théories fondées sur des expériences de nature plus limitée. Lorsqu'il reste autant d'incertitude sur le nombre et la qualité des données, la pratique est une autre sorte d'expérience qui tient compte des circonstances inaperçues, apprécie les quantités dont la connaissance nous échappe, assigne aux accidens une valeur réglée sur leur fréquence, remonte des cas particuliers à un cas abstrait où toutes les inconnues trouvent une évaluation moyenne, et approprie directement ses règles à l'objet qu'elle se propose.

Seconde Épreuve.

Cap de Prudelles. Extrémité occidentale.

(Situation moins favorable.)

Prudelles est une crête étroite et allongée, formant une espèce de promontoire saillant sur la plaine, à la distance d'environ trois mille mètres de Clermont. Un bassin postérieurement creusé, et deux vallons latéraux, fortement inclinés, isolent ce promontoire, et impriment des directions ascendantes et descendantes aux vents dont leurs pentes sont frappées. A ces inconvéniens se joint celui de n'y trouver aucun abri pour le baromètre.

Observ.	Jours.	Température moyenne.	Vents.	Station inférieure.			Station inférieure.			Hauteur déduite.
				Baromèt.	Th. du B.	Th. libre.	Baromèt.	Th. du B.	Th. libre.	
1re. . .	26 fev. 1809.	+ 3.7	N E. soleil. . . .	737.80	+12.2	+ 4.4	710.53	+ 4.3	+ 3.0	293.46
2e. . . .	8 mars . . .	10.3	E N E. très-beau. .	738.45	14.4	10.8	712.39	11.0	9.8	293.58
3e. . . .	4 mars. . . .	10.8	O S O. et S E. . . .	735.97	12.6	12.3	710.00	9.7	9.2	294.82
4e. . . .	9 mars. . . .	11.6	E S E. beau.	736.05	15.3	11.8	710.34	12.7	11.3	293.10
5e. . . .	*idem*.	11.7	— de même.	735.85	15.4	12.3	710.08	12.7	11.0	293.85
							Moyenne.			293.76

Les extrêmes de la variation étant renfermés dans l'espace de 1,m7, la marche des observations m'a paru assez régulière pour me dispenser de les pousser plus loin.

TROISIÈME ÉPREUVE.

Cap de Prudelles. Sommet oriental.

(Situation encore moins favorable.)

Ce sommet est plus exposé que l'autre au rebroussement des vents qui viennent de la plaine. Il est aussi plus aiguisé. Les courans d'air que les pentes y conduisent, sont encore plus inclinés; et pour peu que l'atmosphère soit agitée, on ne saurait y faire des observations sûres. J'ai donc choisi de beaux temps. Mais j'ai multiplié les observations en proportion des inconvéniens de la station, et à mesure que j'y apercevais de la divergence.

OBSERV.	JOURS.	Température moyenne.	VENTS.	Station inférieure.			Station supérieure.			Hauteur déduite.
				Baromèt.	Th. du B.	Th. libre.	Baromèt.	Th. du B.	Th. libre.	
1re. . .	4 mars 1809.	+10.2	O S O. nuages . . .	736.35	+12.9	+11.4	710.89	+10.0	+ 8.9	288.03
2e. . .	8 mars. . . .	10.8	E N E. soleil vif. .	738.43	14.6	11.8	712.85	11.5	9.7	288.94
3e. . .	9 mars. . . .	10.9	E S E. superbe. . .	736.15	15.0	11.8	710.84	11.5	10.0	286.25
4e. . .	. . . .	11.5	— de même.	735.95	15.3	12.4	710.55	12.0	10.6	288.36
5e. . .	1 avril. . . .	13.4	S O. gros nuages. .	718.23	16.4	14.9	693.69	12.4	11.8	286.30
6e. . .	19 mars. . . .	13.9	S O. soleil ardent. .	729.33	13.7	15.3	704.75	13.9	12.5	289.38
7e. . .	20 mars. . . .	14.3	O. nuages, soleil. .	731.65	14.2	16.1	707.00	13.3	12.5	288.00
8e. . .	1 avril. . . .	14.5	S O. soleil	718.27	16.5	15.7	693.84	13.5	13.2	287.58
9e. . .	. . . .	14.7	— de même.	718.18	16.5	15.0	693.92	14.7	14.3	287.75
10e. . .	5 août 1808.	26.9	S E. très-beau. . .	728.52	24.7	28.3	705.65	27.8	25.5	287.25
							Moyenne.			287.78

L'observation du 5 août de l'année dernière est celle sur la foi de laquelle j'ai déterminé l'élévation absolue de Prudelles,

n°. 27 du tableau des hauteurs joint à mon précédent Mémoire.

Cette série est moins régulière que les deux précédentes; cependant les variations de la mesure n'embrassent qu'un espace de trois mètres, ce qui est fort peu considérable, eu égard au nombre des observations. Au reste, en examinant les circonstances qui les ont accompagnées, je trouve que ces variations appartiennent principalement aux méprises faites sur la température ou du mercure ou de l'air. Il est toujours très-difficile de les éviter quand les thermomètres varient eux-mêmes beaucoup, comme il arrive sur un sommet très-exposé au soleil, aux réverbérations, et à des vents directs et réfléchis.

QUATRIÈME ÉPREUVE.

Le Pont du Berger.

(Situation assez bonne).

Ce pont nouvellement construit entre la Barraque et les Goules, sur la route de Clermont à Limoges, se trouve dans cette espèce de plaine inégale et élevée qui domine la Limagne. Les vents ont ici beaucoup d'impétuosité; mais les montagnes, sans être bien éloignées ne sont pourtant pas assez voisines pour changer sensiblement l'inclinaison des courans d'air. Mes observations n'ont point été nombreuses, et elles ont été faites par de mauvais temps. Cependant, comme les écarts de la mesure étaient peu considérables, j'ai cru pouvoir m'en contenter, et il m'a paru inutile de les multiplier davantage.

Observ.	Jours.	Température moyenne.	Vents.	Station inférieure.			Station supérieure.			Hauteur déduite.
				Baromèt.	Th. du B.	Th. libre.	Baromèt.	Th. du B.	Th. libre.	
										m.
1re. . . .	5 avril 1809.	— 1.3	N E. violent, neige.	733.55	+11.3	+ 0.3	687.79	— 1.8	— 2.9	492.63
2e. . . .	. . . .	— 0.3	— soleil.	733.35	11.4	1.9	687.99	+ 1.0	— 2.4	494.17
3e. . . .	. . . .	— 0.3	— forte bourrasque.	733.39	11.4	2.3	687.84	— 2.0	— 2.8	491.93
4e. . . .	9 avril. . . .	+ 2.5	N N O. fort, soleil.	728.05	9.7	4.6	683.94	+ 2.4	+ 0.4	493.34
5e. . . .	. . . .	2.6	— de même.	727.95	10.3	4.8	683.79	2.4	0.4	493.30
6e. . . .	26 avril. . . .	13.2	O S O. soleil vif. . .	728.00	14.0	16.2	686.20	12.2	10.2	494.46
							Moyenne.			493.30

Cinquième Épreuve.

Au Hameau dit chez-Vasson, *à l'embranchement de la traverse d'Orcines avec la grande route.*

(Excellente position).

Le hameau de *chez-Vasson* est situé sur la grande route, entre la Barraque et le pont du Berger, et beaucoup plus près du premier de ces points que du dernier. Il se trouve dans une des parties les plus unies de cette plaine élevée. J'y ai observé à l'ombre, dans le calme et par le beau temps. La position et les circonstances m'ont inspiré tant de confiance, que j'ai cru pouvoir m'en tenir à une seule observation.

Observ.	Jour.	Température moyenne.	Vent.	Station inférieure.			Station supérieure.			Hauteur déduite.
				Baromèt.	Th. du B.	Th. libre.	Baromèt.	Th. du B.	Th. libre.	
1re. . . .	31 mai 1809.	+16.2	S S O. Beau temps.	730.33	+19.4	+18.4	694.45	+14.5	+14.0	420.76

Sixième Epreuve.

Col des Goules.

(Position extrêmement défavorable.)

Le col des Goules est un défilé court et étroit, dominé d'un côté par le Puy de Pariou, et de l'autre par celui des Goules. La largeur du passage se réduit à celle de la route, qui est rapidement ascendante des deux côtés du défilé, et atteint là le point culminant entre Clermont et Limoges. Je ne connais pas une pire position pour les instrumens météorologiques. Il y a toujours du vent, et les moindres vents y deviennent impétueux de manière à rendre les observations incertaines. D'ailleurs, quelle que soit leur direction, ils s'inclinent en traversant la gorge, et devenus ascendans ou descendans, au gré des pentes qui les conduisent, ils maintiennent obstinément le mercure au-dessus ou au-dessous du point que lui aurait marqué la simple pression de l'atmosphère. De plus, on ne saurait se soustraire à la température locale qui déguise celle de la couche d'air soumise à l'expérience. Tantôt c'est le froid occasionné par le séjour des neiges ou l'évaporation des surfaces environnantes; tantôt c'est la chaleur réverbérée par toutes les pentes dont on est dominé. Enfin, bien que la distance qui sépare ce col de Clermont ne soit pas forte, puisqu'elle n'excède pas un myriamètre, cependant l'interposition de hautes et larges montagnes divise réellement les deux atmosphères, et expose l'une à des modifications qui ne sont point partagées par l'autre. Cette position peut avoir de l'analogie avec celle du Mont-Cenis. Il aurait manqué quelque chose à mes expériences si j'avais négligé d'en vérifier l'influence. J'y ai donc porté le baromètre à plusieurs reprises, et je n'ai même pas craint de l'essayer par de très-mauvais temps, pour voir jusqu'où pourraient aller les erreurs

de la mesure. Mais aussi j'ai cru nécessaire de multiplier les observations, pour me mettre en état de distinguer ce qui appartenait aux accidens, de ce qui appartient à la formule.

Observations suspectes et rejetées.

Observ.	Jours.	Température moyenne.	Vents.	Station inférieure. Baromèt.	Station inférieure. Th. du B.	Station inférieure. Th. libre.	Station supérieure. Baromèt.	Station supérieure. Th. du B.	Station supérieure. Th. libre.	Hauteur déduite.
1re. . . .	5 avril 1809.	— 1.9	N E. violent et neige.	733.50	+11.4	+ 0.3	678.75	— 3.5	— 4.0	593.28
2e. . . .	. . . .	— 0.8	— vent moins fort. .	733.40	11.8	1.9	678.70	— 3.0	— 3.5	595.42
3e. . . .	22 mars. . . .	+10.9	S E. temps orageux.	731.10	14.6	12.6	680.25	+10.4	+ 9.2	594.46
4e. . . .	14 mai. . . .	19.9	S S E. furieux, soleil.	728.00	20.3	22.7	678.45	18.8	16.0	604.24
5e. . . .	10 mai. . . .	20.5	S E. violent, orageux.	728.95	19.3	22.8	680.00	20.5	18.2	602.84
			Observations régulières.							
1re. . .	9 avril 1809.	+ 3.2	N N O. fort, soleil. .	727.80	+11.2	+ 5.9	674.85	+ 1.3	+ 0.4	596.17
2e. . .	. . . .	3.3	— nuages.	727.78	12.6	6.1	674.80	1.5	0.5	595.11
3e. . .	29 mars. . . .	9.3	S E. fort, nuages . .	723.80	14.9	11.9	672.60	8.2	6.6	597.44
4e. . .	. . . .	9.6	— de même.	723.65	15.3	12.6	672.65	9.8	6.6	597.75
5e. . .	. . . .	9.6	— de même.	723.65	15.3	12.6	672.50	8.2	6.6	597.15
6e. . .	. . . .	10.2	— soleil vif.	723.75	15.2	12.6	672.65	8.8	7.5	598.55
7e. . .	8 mai. . . .	10.6	S E. très-fort, couvert.	732.80	15.4	12.9	681.30	9.2	8.2	597.18
8e. . .	. . . .	11.3	— coups de soleil. . .	732.77	15.6	14.1	681.30	9.9	8.5	599.58
9e. . .	. . . .	11.5	— soleil vif.	732.73	15.7	14.0	681.30	10.4	9.0	599.85
10e. . .	. . . .	11.8	— forte réverbération	732.66	15.8	14.0	681.27	10.4	9.5	599.84
11e. . .	26 avril. . . .	11.8	O S O. couvert. . . .	728.30	13.2	15.2	677.75	9.3	8.4	595.68
12e. . .	. . . .	12.3	— soleil très-vif. . .	728.30	13.4	15.9	677.65	9.6	8.6	598.09
13e. . .	. . . .	12.9	— ciel orageux. . . .	728.25	13.5	16.8	677.70	10.0	9.0	598.84
14e. . .	31 mai. . . .	16.2	S O. fort, soleil. . . .	729.92	20.1	19.1	679.60	15.1	13.2	599.56
15e. . .	. . . .	16.5	— de même.	729.71	20.1	19.4	679.45	15.0	13.5	599.51
16e. . .	. . . .	16.6	— nuages.	729.50	20.2	19.7	679.35	14.6	13.5	598.09
17e. . .	. . . .	17.0	— couvert.	729.36	20.3	20.2	679.35	15.2	13.7	597.80
18e. . .	17 juill. 1808.	24.0	E S E. ciel orageux. .	732.85	28.0	27.0	684.15	25.0	21.0	597.13
							Moyenne.			597.93

Je ne rapporte les cinq premières observations que pour n'en omettre aucune, et je les rejette, parce qu'elles ont été faites par de si mauvais temps qu'il était impossible de déterminer au juste la hauteur du baromètre et du thermomètre. Elles ne sont

pas inutiles cependant, puisqu'elles marquent, en quelque sorte, la limite des erreurs que peuvent occasionner les incertitudes de l'observation, réunies aux inconvéniens du lieu et au désordre de l'atmosphère. Il est utile encore de remarquer que les vents qui déployaient leur furie dans la région supérieure, étaient assez modérés à Clermont. Cela explique pourquoi les mesures les plus faibles sont du côté des vents boréaux, et les plus fortes du côté des vents méridionaux. Ces vents agissaient principalement sur le baromètre supérieur, et ils agissaient non-seulement par leur température, mais encore par une inclinaison accidentelle et due en partie à la direction des pentes environnantes. Le nord-est était plongeant et soulevait la colonne de Mercure. Le sud-est était ascendant, et soulevait la colonne d'air. Je m'en suis assuré, et il est toujours facile de reconnaître le sens de l'inclinaison, en consultant le baromètre, tantôt au moment de la bourrasque, et tantôt dans les instans d'intermittence. L'inclinaison des vents serait une indication à ajouter aux observations météorologiques; mais on sent qu'il faudrait tenir le baromètre éloigné des surfaces réfléchissantes ou conductrices; car au lieu de faire l'histoire du vent, on ne ferait que celle du lieu où l'on observe.

Au reste, les écarts des cinq observations ont lieu dans les deux sens, eu égard à la moyenne des observations suivantes, et elles se compensent si bien qu'on pourrait encore les employer sans rien changer à la hauteur définitivement déterminée.

Quant aux dix-huit observations qui ont servi à cette détermination, leurs écarts se bornent à environ deux mètres, soit en delà soit en deçà de la moyenne. Il n'est pas difficile de voir que les variations de la mesure dépendent principalement de l'état du ciel et de la réverbération de la terre, c'est-à-dire de la présence ou de l'absence du soleil aux deux stations, ou à l'une des deux à l'exclusion de l'autre. L'influence de ces causes est surtout manifeste dans le résultat des observations faites le même jour, et

de quart d'heure en quart d'heure. L'irradiation solaire élève les thermomètres par l'effet de la chaleur réfléchie à laquelle on ne peut les soustraire, et elle abaisse le baromètre, en accélérant le mouvement des courans ascendans. La suppression de cette irradiation opère les effets contraires, et les divers degrés d'intensité des vents, combinés avec leur direction et leur inclinaison, contrarient ou secondent les causes locales de chaud ou de froid.

C'est ainsi que les hautes températures tendent à exagérer un peu les mesures, et les basses températures à les affaiblir, sans qu'on puisse en accuser la correction que nous mettons en usage; et l'on aperçoit ici cette tendance, quoique en général les mesures fortes et faibles soient assez bien réparties entre les divers degrés de l'échelle thermométrique. Ceci est dû à la réaction du sol sur la petite atmosphère qui environne les instrumens. Dans des lieux faits comme les Goules, quand la terre domine l'observateur, au point qu'il y est pour ainsi dire enseveli, il lui est bien difficile d'obtenir exactement les mêmes résultats au soleil, à l'ombre, en hiver et en été, quelque attention qu'il apporte à ne point confondre la température atmosphérique avec la température locale.

L'observation du 17 juillet 1808, m'a donné l'élévation absolue des Goules, consignée dans mon tableau des hauteurs n° 47.

Ces épreuves m'ont paru plus que suffisantes, et mes hauteurs étant déterminées avec autant d'exactitude que le baromètre et la formule le comportent, il ne restait qu'à leur faire subir l'épreuve du nivellement. Je n'ai pas voulu y procéder moi-même, et M. de Cournon, ingénieur en chef du département, a eu la complaisance de s'en charger. Quant à la partie mécanique de l'opération, rien n'a été négligé pour en assurer la justesse. Les

nivellemens ont été répétés en montant et en descendant, et j'ai eu soin de faire comparer les mires aux étalons authentiques du mètre. Quant aux précautions morales, elles n'ont pas été moins scrupuleuses, et tout inutiles qu'elles étaient, j'ai pris plaisir à m'en environner comme si elles eussent été nécessaires. De même que j'avais fait mes observations, sans attendre les nivellemens, de même M. de Cournon a exécuté ses nivellemens sans connaître mes évaluations. Les résultats respectifs n'ont été confrontés qu'après avoir été séparément arrêtés de part et d'autre. J'exprimerais difficilement ce que nous avons éprouvé, moi de satisfaction, lui de surprise, lorsque en échangeant nos mesures, nous nous sommes trouvés six fois d'accord.

Voici le tableau comparatif de nos résultats. Je range les lieux par ordre d'élévation.

	Nombre d'observations.	Mesure barométrique.	Nivellement.	Différence.
		m.	m.	m.
Prudelles, sommet oriental.	10.	287.78	287.02	+ 0.76
———— Extrémité occidentale.	5.	293.76	294.30	— 0.54
La Barraque.	8.	380.36	380.30	+ 0.06
Chez Vasson.	1.	420.76	420.80	+ 0.04
Le Pont du Berger.	6.	493.30	493.75	— 0.45
Le Col des Goules.	18.	597.93	597.84	+ 0.09
	48.			

Ce concert paraîtra bien remarquable. Il est même si merveilleux qu'on serait tenté de le regarder comme fortuit, si je n'avais pas autant varié les épreuves et multiplié les exemples. Sans doute, le hasard joue ici son rôle. Ce qui lui appartient, c'est le degré d'exactitude qui excède les moyens de l'observation ; mais ce qui appartient à la formule, c'est la répétition habituelle de

de ces hasards. Je ne m'étonne pas de voir les moyennes s'accorder avec autant de précision, quand je trouve que sur quarante-huit mesures barométriques il y en a déjà trente et une qui se rencontrent avec le nivellement, à moins d'un mètre près, que l'erreur de treize autres est renfermée entre un et deux mètres, et que pour découvrir des écarts de plus de trois mètres, il faut les aller chercher dans les cinq observations incertaines que j'ai rejetées. Que l'on répète les nivellemens et les observations, on n'obtiendra sûrement pas les mêmes quantités précises. Le hasard variera ses chances : ce qui était plus juste le deviendra moins ; ce qui l'était moins le deviendra davantage ; mais les propriétés de la formule limiteront toujours de la même manière le cercle étroit où il est permis au hasard de se jouer, et dont il ne lui est pas permis de sortir.

Il n'y a rien de certain en fait d'expérience, ou il est certain que les mesures barométriques sont actuellement susceptibles d'une grande précision, que le nouveau coefficient introduit dans la formule de M. de la Place, s'accommode aux petites différences de niveau comme aux grandes, et que l'ancien coefficient ne convient pas plus aux unes qu'aux autres. Je ne puis donc m'empêcher de regarder l'observation du Mont-Cenis comme fautive.

Elle l'est, en effet; et maintenant c'est par elle-même que je le prouve. Le baromètre supérieur étoit trop bas, puisque l'élévation du mercure au point culminant du passage, comparée à l'élévation moyenne qu'il affecte sur les bords de la mer du sud, donne au Mont-Cenis une hauteur toute pareille à celle que Saussure lui assigne (1). Saussure, comme on sait, employait un coefficient assez analogue au nôtre, et ne comparait entre elles que des observations faites dans nos propres régions. On sait

(1) Voyez la note citée.

aussi qu'aux bords de la mer du sud, le baromètre se tient à environ trois millimètres plus bas qu'il ne fait au niveau de nos mers. Pour que M. de Prony se rencontrât avec Saussure, il fallait que le baromètre du Mont-Cenis se trouvât fort au-dessous de la moyenne hauteur qui correspond à l'élévation du lieu, combinée avec les dispositions particulières de notre atmosphère. Or, si cela est arrivé, ce ne peut être que par un événement étranger à l'action des causes générales; car à l'époque du premier janvier, date de l'observation, nos baromètres d'Europe, bien loin de descendre, étaient montés à une hauteur remarquable, et s'y sont assez long-temps soutenus. Celui de l'Observatoire de Paris était ce jour-là à 772.44, et celui de Clermont à 737.30, tous deux réduits à la température 12°.5 du thermomètre centigrade. Si nous comparons actuellement l'observation du Mont-Cenis avec ces observations exactement contemporaines et faites dans la même atmosphère (ce qui est plus naturel et plus conforme aux procédés de Saussure), nous trouvons sur la hauteur du point culminant une erreur d'une centaine de mètres en plus, par la même raison que nous la trouvions juste en cherchant notre point de comparaison dans les baromètres de zone torride. Donc l'abaissement du mercure au Mont-Cenis est un pur accident dont il n'y a rien à induire pour ou contre aucun coefficient.

Mais cet accident, quelle est son origine? L'imputerons-nous à l'instrument, à la station, aux perturbations locales, aux dispositions particulières de l'atmosphère de la montagne? Voilà ce que je n'entreprendrai pas de décider, puisque je ne connais ni l'instrument, ni les lieux, ni les accessoires de l'observation. Qu'il me suffise d'avoir recommandé à l'attention des Physiciens le peu que j'ai été à portée d'apprendre touchant les circonstances qui décident de la justesse des mesures. Je ne puis que les inviter à tenir compte de mon expérience, et je me trompe fort s'ils ne

finissent par trouver ce que j'ai trouvé, et ce que je trouve encore une fois après sept années de pratique et des milliers d'opérations de ce genre, savoir que notre coefficient exprime assez bien le rapport du poids de l'air à celui du mercure, que le facteur $\frac{1}{250}$ ne satisfait pas mal aux variations de la température, et que tout bien considéré, la formule de M. de la Place est une très-bonne formule.

INSTRUCTION
ELÉMENTAIRE ET PRATIQUE
SUR
L'APPLICATION DU BAROMÈTRE
A LA MESURE DES HAUTEURS.

PARTIE MATHÉMATIQUE.

§ Ier. *Idée de la Théorie des Mesures barométriques.*

Tout le monde sait que le baromètre baisse à mesure qu'on s'élève au-dessus du niveau de la mer. Cela doit être; le baromètre est une balance où la colonne de mercure fait équilibre à la colonne d'air correspondante. Au niveau de la mer, il supporte tout le poids de l'atmosphère; plus haut, il n'en supporte qu'une partie. La quantité dont il a baissé exprime la pesanteur de la couche d'air interceptée entre les deux stations. Considérée comme dimension, elle est à la différence de niveau dans un rapport dépendant de celui des densités du mercure et de l'air. Quelle est donc l'épaisseur de la tranche d'air dont le poids est égal à celui d'un millimètre, d'une ligne de mercure? Tel est, en dernière analise, le problème de la mesure des hauteurs à l'aide du baromètre.

Une question si simple en apparence, n'en était pas moins destinée à donner bien de l'embarras aux physiciens. On trouvera partout l'histoire des tâtonnemens de la science. Elle a été consignée récemment dans la belle préface que M. de Lindenau a jointe à ses tables barométriques; elle fait le sujet d'un excellent traité publié par M. Pictet, dans les nos 338, 340 et 344 de la bibliothèque britannique; mais on ne la lira nulle part avec plus de plaisir et plus de fruit que dans l'ouvrage fondamental de M. Deluc, dans ses mémorables *Recherches sur les modifications de l'atmosphère*.

Si l'air était, comme le mercure, un fluide incompressible et de densité uniforme, la solution du problème n'aurait présenté aucune difficulté. Il suffisait

de constater, une fois pour toutes, le rapport des densités, pour en conclure celui des volumes, et déterminer l'épaisseur de la tranche d'air dont le poids était en équilibre avec telle ou telle tranche d'une colonne de mercure de même diamètre.

Mais l'air est élastique. Il se dilate ou se condense au gré des pressions qu'il éprouve; et à mesure que l'on s'élève dans l'atmosphère, on voit sa densité diminuer comme les poids dont il est chargé. Si donc on suppose une colonne d'air divisée en tranches d'égale épaisseur, ces tranches, prises de bas en haut, diminueront graduellement de poids, et correspondront une à une à des tranches de mercure successivement plus minces; en sorte que des différences de niveau pareilles seront marquées, dans le baromètre, par des abaissemens d'autant moindres que l'on s'élèvera davantage.

On a reconnu que dans une colonne d'air, supposée de température uniforme, la densité des couches décroissait proportionnellement aux poids comprimans, lesquels sont représentés par les hauteurs de la colonne de mercure. En partant de cette première donnée, et imaginant la colonne d'air partagée en tranches infiniment minces et infiniment voisines, on est conduit à reconnaître que la variation différentielle de la densité est proportionnelle au produit de cette densité par la variation de la hauteur verticale, et que si l'on fait varier cette hauteur de quantités toujours égales, le rapport de la différentielle de la densité à la densité elle-même sera constant; ce qui est la propriété caractéristique d'une progression géométrique décroissante, et dont les termes sont infiniment rapprochés (*): d'où il suit que les hauteurs des couches, croissant en progression arithmétique, leur densité et par conséquent leur poids, et par conséquent aussi les hauteurs du baromètre, décroissent en progression géométrique. Cette loi est le principe fondamental de l'application du baromètre à la mesure des hauteurs.

Long temps avant qu'on l'eût découverte, il existait un livre qui semblait fait exprès pour en faciliter l'application. Les tables de logarithmes, dont l'admirable artifice avait déjà tant abrégé les longs calculs de l'astronomie, offraient une double série de nombres correspondans, dont les uns se suivent en progression arithmétique, quand les autres marchent en progression géométrique; nombres que la plus courageuse patience n'aurait sans doute pu se résoudre à calculer dans le seul intérêt de la mesure des hauteurs, quand d'ailleurs cet art, encore au berceau, aurait été capable d'en faire naître l'idée. Il y eut même du génie à concevoir ce nouvel usage de tables déjà signalées par tant

(*) Exposit. du syst. du monde, 3e. édition, tom. Ier., p. 165 et suiv.

d'autres services. Le nom de Mariotte est demeuré attaché à un rapprochement heureux qui semblait devoir être fait à la fois par tout le monde, et dont lui-même n'a pas profité. Nous savons maintenant que la hauteur du baromètre aux deux stations, étant exprimée soit en millimètres, soit en lignes ou en toute autre mesure, la différence de niveau est représentée par la différence des logarithmes de ces hauteurs.

Mais cette représentation n'est qu'abstraite. Elle indique un rapport et non des mesures déterminées, parce que le système des tables n'est point conçu dans le système particulier de la mesure des hauteurs.

Pour que la différence des logarithmes se transforme en mètres, en toises, etc., il faut y appliquer, d'une manière particulière, le type de ces mesures combiné avec le rapport des densités du mercure et de l'air. Ces conditions sont plus faciles à remplir qu'il ne semble. Tout consiste à trouver, une fois pour toutes, le nombre de mètres, de toises, qui, multiplié par la différence des logarithmes, réduise l'expression abstraite de celle-ci à des dimensions réglées par le rapport des densités. Rien de plus simple, si l'on connaît ce dernier rapport. Supposons qu'à la pression de 0.76 de mercure et à la température de la glace fondante, les poids de l'air atmosphérique et du mercure soient entre eux comme 10477.9 est à l'unité. Les hauteurs des deux colonnes étant réciproques aux densités, il est clair qu'il faudra s'élever de $10^{m}.4779$ pour que le baromètre descende d'un millimètre, et de $0^{m}.104779$ pour que l'abaissement du mercure se réduise à un centième de millimètre. Or, la pression ayant été supposée égale à $0^{m}.760$, on trouvera le nombre cherché en divisant 0.104779 par la différence des logarithmes tabulaires des hauteurs barométriques 0.76000 et 0.75999 (*).

Le rapport exact des densités étant au contraire supposé inconnu, l'opération ne serait guère plus difficile, si l'on avait mesuré géométriquement et avec beaucoup d'exactitude, une différence de niveau; car alors, en portant le baromètre aux deux points extrêmes de la hauteur mesurée, et divisant la différence des logarithmes par la différence de niveau, on obtiendrait également le nombre que nous cherchons, et il serait approprié de même à la température et à la pression sous l'influence desquelles on aurait opéré. Si, ensuite, on en voulait déduire le rapport des densités du mercure et de l'air, on y parviendrait sans peine au moyen d'une formule extrêmement simple, rapportée dans l'astronomie physique de Biot (**). Mon premier mémoire contient l'application des procédés que je viens d'indiquer.

(*) Expos. du syst. du monde, 3e édit., tom. I., pag. 156 et 157.
(**) Tom. Ier, pag. 142.

Ce nombre, enfin, une fois déterminé par l'observation ou par l'expérience, sert à toutes les opérations, en y fesant les modifications qu'exige la diversité des circonstances. C'est ce que nous appelons *le coefficient constant* de la formule.

Ainsi, pour mesurer une montagne, l'opération fondamentale consiste à observer le baromètre en haut et en bas; prendre dans nos tables ordinaires les logarithmes correspondans aux hauteurs barométriques, exprimées en unités de même espèce et fractions décimales de ces unités, c'est-à-dire en millimètres, en lignes, et en dixièmes et centièmes de millimètres ou de lignes; soustraire le plus petit logarithme du plus grand, et multiplier la différence par le coefficient constant. Le produit donnera la hauteur cherchée, en mesures de la nature de celles qui sont entrées dans la détermination du coefficient; et cette hauteur sera juste si l'on a opéré dans les circonstances qui ont servi à déterminer ce coefficient.

Ces circonstances sont, comme nous l'avons dit, une certaine pression atmosphérique et une certaine température, d'où résulte un certain rapport entre les densités de l'air et du mercure. Le coefficient les suppose constantes : elles sont réellement très-variables; il doit donc subir des modifications analogues aux changemens que ces circonstances peuvent éprouver.

Dans la formule de M. de Laplace, par exemple, le coefficient est déterminé pour le niveau de la mer, la température de la glace fondante et la latitude de 45 degrés nonagésimaux. Il n'est donc juste que pour ce cas unique, et la formule serait incomplète et inapplicable aux autres cas, si elle ne renfermait des corrections assorties aux variations de ces premières données.

La plus importante de ces corrections porte sur les variations de la température. Il est aisé d'en concevoir le principe et d'en sentir la nécessité. La chaleur dilate l'air; elle augmente son volume et diminue sa densité. A pesanteur égale, il occupe plus de place; à volume égal, il a moins de poids. Que l'on suppose une couche d'air de mille mètres d'épaisseur, comprise entre la base et le sommet d'une montagne, cette couche pèsera moins à dix degrés de température qu'elle ne pesait à zéro; la différence des hauteurs barométriques observées aux deux stations, sera moindre dans le premier cas que dans le second; et si l'on applique le même coefficient aux deux différences logarithmiques, on aura deux mesures très-diverses d'une seule et même hauteur: la montagne paraîtra s'abaisser à mesure que la chaleur augmente. Or, le coefficient étant calculé pour le degré de la glace fondante, il faut donc accroître ou diminuer sa valeur suivant que la température s'élève au-dessus ou s'abaisse au-dessous de ce terme.

L'expérience a appris que la variation du volume de l'air est d'un cent soixante-septième à peu près, pour une variation d'un degré dans le thermomètre

centigrade, en supposant toutefois l'air dans un état de sécheresse absolue; car l'introduction de l'humidité change sensiblement ce rapport. En effet, la vapeur aqueuse pèse moins que l'air, à chaleur égale; et la couche d'air de mille mètres d'épaisseur, que nous prenions tout-à-l'heure pour exemple, diminuera encore de poids sans changer de température, à mesure qu'il s'y mêlera une dose d'humidité plus grande. Or, comme l'air atmosphérique n'est jamais parfaitement sec, il faudrait ajouter une correction pour l'humidité à celle que l'on emploie pour la température, et l'hygromètre servirait à régler cette correction, si nous avions pour cela un nombre suffisant d'observations très-sûres. Mais en considérant que la correction serait fort petite en elle-même, et qu'en supposant la quantité de vapeur constante, ses variations ne pourraient influer que très-peu sur la justesse des mesures, on s'est accordé à prendre l'air dans son état habituel d'humidité moyenne, et à confondre les deux corrections en élevant celle de la température à un deux cent cinquantième pour chaque degré du thermomètre centigrade.

Mais pour appliquer cette correction, il faut d'abord se rendre compte de ce que l'on entend par la température d'une colonne d'air. On a reconnu que la chaleur va continuellement en diminuant depuis le niveau des mers jusqu'aux régions les plus élevées qu'il nous ait été permis d'atteindre. Une colonne d'air est donc plus froide au sommet qu'à la base, et sa chaleur moyenne se trouvera entre ces deux extrêmes, à une distance réglée par la loi que suivra le décroissement de la température. Si ce décroissement est uniforme, s'il est en progression arithmétique, on aura la chaleur moyenne en prenant le milieu entre les hauteurs des thermomètres observés aux deux stations. C'est la supposition que l'on a le plus généralement adoptée. Cependant, de savans physiciens pensent que le décroissement s'accélère à mesure qu'on s'éloigne de la surface de la terre. Cela peut être vrai; mais ce qui ne l'est pas moins, c'est qu'il est extrêmement irrégulier; et quelles que soient les lois générales auxquelles il est assujéti, ces lois sont partout contrariées par la nature et la forme du terrain, par la réverbération solaire, le caprice des vents, l'action des courans ascendans et descendans; en sorte que l'on peut considérer l'hypothèse d'un décroissement uniforme comme un moyen terme dont il n'y a, quant à présent, nulle raison de s'écarter.

Une autre correction, plus limitée mais non moins importante, est fondée sur la variation de la pesanteur. On sait que celle-ci diminue à mesure qu'on s'éloigne du centre de la terre, et que cette diminution est proportionnelle au carré des distances. Or, la terre est un sphéroïde applati vers les pôles et renflé à l'équateur. Les rayons terrestres qui aboutissent à l'équateur, sont plus longs que le rayon qui aboutit au pôle. Les contrées polaires sont donc plus voisines du centre de la terre que ne le sont les contrées équinoxiales, et la

pesanteur diminue à mesure qu'on s'éloigne de celles-là pour se rapprocher de celles-ci, par la double raison de l'allongement du rayon, et de l'augmentation de la force centrifuge. Elle diminue aussi, et bien plus rapidement, quand on abandonne la surface de notre globe pour s'élever daus les hautes régions de son atmosphère; et ces diminntions de pesanteur ont pour conséquence nécessaire de changer le rapport établi entre les densités de l'air et du mercure. On conçoit aisément que deux couches d'air de poids égal, prises l'une à l'équateur, l'autre au pôle, ou l'une au niveau de la mer et l'autre à quelques milliers de mètres au-dessus, occupent plus d'espace dans la seconde situation que dans la première, abstraction faite de toutes les autres causes qui peuvent faire varier la densité. Le même coefficient ne peut donc servir également dans ces différens cas, sans être accompagné d'une correction qui l'augmente ou le diminue au gré des variations de la pesanteur. Cette correction se subdivise en deux. Pour la diminution de la pesanteur dans le sens vertical, elle se fonde directement sur la loi générale, et elle porte également sur le poids de l'air et sur celui du mercure. Pour la diminution qui a lieu dans le sens des méridiens, on trouve la mesure de la correction dans la longueur du pendule à secondes, qu'il faut raccourcir d'autant plus qu'il est moins sollicité par la pesanteur. Les deux corrections ont chacune un terme séparé dans la formule de M. de Laplace, et son coefficient étant déterminé pour le 45e degré de latitude, au niveau de la mer, la correction pour la latitude est en plus en allant vers l'équateur, en moins en allant vers le pôle, tandis que la correction de la pesanteur, dans le sens vertical, demeure toujours additive, et ne deviendrait soustractive que dans le cas où l'on s'enfoncerait daus les entrailles de la terre et fort au-dessous du niveau de l'océan, cas qui ne se présentera guères dans les puits même des mines les plus profondes.

Une dernière correction, enfin, complète le nombre de celles qui, dans l'état actuel de nos connaissances, concourent à la justesse des mesures barométriques; et celle-ci, pour être exposée après les autres, n'en est pas moins, dans l'ordre des opérations, la première à effectner.

Il est évident que l'on comparerait bien imparfaitement les hauteurs où se soutiennent deux baromètres, dont on n'aurait pas soigneusement constaté la température particulière. Le point où le mercure s'arrête, est déterminé non seulement par la pression de l'atmosphère, mais encore par la densité du liquide qui lui sert de contrepoids. Or, la chaleur dilate le mercure et diminue sa densité. Donc, dans celui des deux instrumens qui est le plus échauffé, la colonne de mercure s'est élevée dans le tube pour compenser, par une augmentation de volume, la portion de poids qu'elle a perdue. Que l'on essaye de placer deux baromètres parfaitement semblables et parfaitement d'accord, l'un au-dedans d'un appartement très-chaud, l'autre en dehors et à l'air froid, mais

tous deux à la même élévation précise : on verra la même pression atmosphérique exprimée par des hauteurs barométriques fort différentes. Qu'on les transporte ensuite, l'un au pied, l'autre au sommet d'une montagne, on se persuadera aisément qu'avant de porter un jugement sur la différence des pressions, il faut nécessairement avoir tenu compte de la différence des températures. La correction que cette circonstance exige, est des plus faciles à effectuer. Il résulte d'expériences très-exactes qu'une colonne de mercure s'allonge de $\frac{100}{5412}$, en passant de la température de la glace fondante à celle de l'ébullition de l'eau, ce qui revient à $\frac{1}{5412}$ pour un degré de variation dans le thermomètre centigrade.

L'aperçu que nous venons de présenter, renferme en abrégé tout ce que nous savons aujourd'hui touchant les mesures barométriques, leurs principes fondamentaux et les opérations qu'elles exigent. Jusqu'à ces derniers temps, on n'avoit eu égard qu'à une partie des conditions du problème ; les autres, quoiqu'aperçues et même indiquées par des physiciens célèbres, étaient demeurées sans usage. Elles ont été toutes réunies, pour la première fois, dans la savante formule de M. de Laplace, formule entièrement fondée sur les lois générales de l'équilibre des fluides, et qui n'est pas moins remarquable par sa précision que par sa généralité. Les géomètres trouveront, dans tous les ouvrages récemment publiés sur cette matière, les démonstrations et les développemens analitiques des propositions que je n'ai fait qu'énoncer ; mais c'est dans la *Mécanique céleste*, que les esprits familiarisés avec les plus abstraites spéculations de la science, aimeront à voir la théorie du baromètre se rattacher à l'immense série des lois physiques dont l'ensemble constitue le système du monde.

§ II. *Méthode de Calcul.*

La formule de M. de Laplace, réduite à l'expression la plus commode pour le calcul, peut s'écrire comme il suit :

Soit z, la différence de hauteur des deux stations ;

h, la hauteur du baromètre, T, la température de l'instrument, t, la température de l'air, à la station inférieure ;

h', T', t', la hauteur du baromètre, sa température et celle de l'air, à la station supérieure ; on a l'équation suivante :

$$z = \log.\left(\frac{h}{H}\right) 18336^{m}\,(1+0{,}0028371.\cos.2\Psi)\left(1+\frac{2(t+t')}{1000}\right)\left\{1+\frac{\left(\log.\left(\frac{h}{H}\right)+0.868589\right)\frac{z}{a}}{\log.\left(\frac{h}{H}\right)}\right\}$$

Dans cette équation, $H = h' + h'\left(\frac{T-T'}{5412}\right)$; Ψ représente la latitude ; a, le

rayon de la terre ou 6366198^m; et l'on peut mettre à la place de z, dans le second membre, sa valeur approximative, savoir : le second membre lui-même, moins le dernier facteur.

M. Oltmanns a adopté cette expression de la formule pour ses développemens numériques. Elle est analogue à l'exposition verbale des opérations qui se trouve dans mon premier mémoire, pag. 24; et le type de calcul que ce savant propose pour exemple, à la page 7 du nivellement barométrique de M. de Humboldt, ne diffère point de celui que j'ai donné dans le mémoire cité. J'ai donc lieu de croire qu'il n'est pas aisé de trouver une autre marche, et de représenter les quantités algébriques par un moindre appareil de chiffres. Or, bien que le calcul ne soit ni très-épineux ni de fort longue haleine, il ne laisserait pas d'éprouver la patience de ceux qui ont un grand nombre de hauteurs à calculer à la fois; et les opérations barométriques sont elles-mêmes si expéditives, que la célérité du calcul peut être regardée comme une condition de convenance.

Je m'étais donc déterminé à faire un léger sacrifice sur l'exactitude rigoureuse, pour procurer aux physiciens l'avantage de connaître le résultat d'une observation, en moins de temps qu'on n'en a mis à la faire. Mon procédé consistait à regarder comme constant le quatrième facteur $1+\frac{\left(\log.\frac{h}{H}+0.868589\right)\frac{1}{a}}{\log.\left(\frac{h}{H}\right)}$, en lui donnant la valeur qu'il aurait, à une élévation d'environ 3000^m, au 45e degré de latitude, et à 15 degrés de température moyenne. Il ne s'agissait pour cela que de remplacer le facteur par une augmentation dans le coefficient, calculée d'après la supposition. La formule devenait alors,

$$z=\log.\left(\frac{h}{H}\right)18393^m(1+0.0028371.\cos.2\Psi)\left(\frac{1000+2(t-t')}{1000}\right).$$

Je ne répéterai point ici ce que j'ai dit ailleurs du calcul de la formule ainsi modifiée; on peut recourir au type que j'en ai donné ci-dessus, pag. 36, n°. II. Ce type est accompagné d'une table où l'on trouve le coefficient préparé d'avance pour les divers degrés de latitude, ce qui réduit l'opération à une telle simplicité et la rend si expéditive, qu'on peut aisément calculer vingt à vingt-cinq observations dans l'espace d'une heure.

Cette formule, sans doute, n'est pas rigoureusement juste; elle exagère un peu les petites hauteurs, et diminue un peu celles qui excèdent 3000 mètres. Il n'est question que de voir à quoi se réduit l'inexactitude. Pour le plus grand nombre des hauteurs, ce sont de petites fractions du mètre, et il faut se transporter jusqu'à l'équateur et monter jusqu'au sommet du Chimborazo, pour trouver deux mètres et demi ou huit pieds de différence entre le résultat du

calcul approximatif et celui que fournirait le calcul exact. Or, deux mètres et demi sont, relativement au Chimborazo, ce qu'une couple de décimètres sont pour de petites hauteurs, une quantité illisible dans les instrumens, et qui se dérobe sous l'incertitude des observations. Je ne vois donc aucune raison d'abandonner un procédé aussi commode, et je n'en ai pas employé d'autre pour arriver à des résultats dont l'exactitnde s'est trouvée à l'épreuve des vérifications géométriques. Mais ce qui le recommande surtout, c'est que M. de Laplace lui-même n'a pas dédaigné de l'adopter dans la 3[e]. édition du système du monde (*), et que M. Biot en a fait la base de ses tables barométriques, en déduisant mon coefficient 18393 de son coefficient 18334.2, par une analise qui lui est particulière (**).

Cependant, quand on possède une formule de l'ordre de celle que nous devons à l'auteur de la Mécanique céleste, on regrette toujours ce qui manque au calcul pour en représenter fidèlement les moindres quantités. M. Oltmanns n'a pas voulu renoncer à celles que j'avais négligées, et il a amélioré ma supposition, en y fesant entrer les variations de $\frac{h}{H}$, mais en abandonnant comme moi, les petits produits qui se rapportent à la variation de la latitude et à celle de la température.

Voici sa méthode :

On a vu que dans le quatrième et dernier facteur, la valeur de z pouvait être représentée par le second membre entier, moins ce dernier facteur. Si l'on réduit le coefficient 18336 en toises, il deviendra 9407.7, et l'expression de z sera :

$$\text{Log.}\left(\frac{h}{H}\right) 9407.7\ (1+0028371.\cos.2\psi)\left(1+\frac{2(t+t')}{1000}\right).$$

Que l'on donne maintenant aux deux facteurs qui suivent immédiatement le coefficient, une valeur constante et telle qu'elle l'élève à 10000 toises, il ne restera plus que log. $\left(\frac{h}{H}\right)$ 10000, à mettre dans le quatrième facteur, pour représenter z; et en remplaçant le dénominateur a par le nombre 3266320 qui est sa mesure en toises, on aura :

$$\left\{1+\frac{\left(\log.\left(\frac{h}{H}\right)+0.868589\right)\frac{z}{a}}{\log.\left(\frac{h}{H}\right)}\right\}=1+\frac{\left(\log.\left(\frac{h}{H}\right)+0.868589\right)}{\log.\left(\frac{h}{H}\right)}\left\{\frac{\log.\left(\frac{h}{H}\right)10000}{3266320}\right\}$$

$$=1+\frac{\left(\log.\left(\frac{h}{H}\right)+0,868589\right)}{326,6320}$$

(*) Page 160.

(**) Page 31.

Sous cette forme, le dernier facteur n'a plus qu'un seul élément variable, savoir : Log. $\left(\frac{h}{H}\right)$. Il devient donc très-facile à calculer, et il n'était pas moins aisé de le réduire en table auxiliaire. C'est ce que M. Oltmanns a fait, p. 71 du nivellement barométrique de M. de Humboldt. Trois autres tables affectées à la latitude, à la température de l'instrument et à celle de l'air, complètent cette partie de son travail, et nous fournissent une méthode de calcul qui l'emporte sur la mienne en exactitude, sans lui céder en célérité.

Mais il était possible d'aller plus loin, et j'ai essayé de perfectionner à mon tour le procédé de M. Oltmanns, par le moyen même dont il nous avait appris l'usage.

En examinant sa supposition, je trouve qu'elle n'est rigoureusement juste que pour la température moyenne + 15° à l'équateur, et pour celle de 15°.7 au quarante-cinquième degré de latitude. Nous mesurons souvent des hauteurs à une température fort différente, et j'ai cru devoir tenir compte, dans le facteur qui nous occupe, des variations de $\frac{2(t+t')}{1000}$. Il suffisait pour cela de supposer le coefficient 18336, successivement diminué et augmenté des quantités correspondantes à diverses températures au-dessous et au-dessus de zéro, et de transformer la table de M. Oltmanns en une table à double entrée, ayant pour argument $\frac{h}{H}$ et $2(t+t')$, c'est-à-dire la différence des logarithmes et la double somme des thermomètres. C'est ma table n°. 3. Je l'ai étendue sans doute fort au-delà de ce qu'exigent les besoins ordinaires. Plusieurs colonnes seront de peu d'usage et certaines hauteurs ne se rencontreront jamais avec certaines températures ; mais l'ensemble de ces colonnes éclaircit la marche des nombres, et fournit au calculateur un moyen d'obvier facilement aux cas non prévus.

De cette manière, il n'y a plus rien de négligé dans la correction pour la diminution de la pesanteur, si ce n'est la part de la latitude ou $1 + 0.0028371 . \cos. 2\,\psi$. Mais à la prendre depuis le parallèle moyen jusqu'à l'équateur, elle n'agit sur le facteur que comme ferait 0.7 de variation dans la température, ce qui est tout à fait imperceptible, puisqu'une variation de 2°.5 n'affecte elle-même que d'une unité la cinquième décimale du logarithme de correction.

Notre table peut donc entrer comme auxiliaire dans le calcul rigoureux de la formule : et pour écarter ce qui peut rester dans ce calcul de longueurs ou de difficultés, il suffit de réduire également en tables la correction pour la diminution de la pesanteur dans le sens des méridiens, et la correction accessoire de la température du mercure. Ces trois tables sont les premières de celles qui terminent la présente instruction, et les seules nécessaires au calcul que je propose. Les autres n'ont qu'une utilité secondaire. Il en est de même des exemples qui précèdent ces tables : le premier suffit pour faire entendre notre

méthode, mais ceux qui suivent ne sont pas inutiles; ils présentent des cas particuliers et montrent le parti que l'on peut tirer des petits secours que j'ai préparés au calculateur. Tout cela s'explique de soi-même pour les personnes qui ont la moindre habitude des opérations de cette espèce. Mais il faut entrer dans quelques détails en faveur de celles qui n'y sont point versées. Je les prie de ne s'effrayer ni du nombre des tables, ni de celui des exemples, ni de l'étendue de l'explication; ce qu'il y a là de travail, n'a d'autre objet que de leur en épargner.

Voyons d'abord l'opération dans toute sa simplicité.

On a des baromètres bien comparés et des thermomètres à échelle centigrade. N'importe à quelle mesure réponde l'échelle des baromètres. Que ce soit des millimètres, des lignes du pied français, des lignes du pied anglais, il suffit que les deux instrumens aient des divisions pareilles, et que leurs unités quelconques soient subdivisées en fractions décimales. On commence par ranger sur deux lignes les hauteurs du baromètre et du thermomètre observées aux deux stations. Cette disposition est commode pour prendre la différence des thermomètres de correction, la somme et la double somme des thermomètres libres; et l'on exécute ce petit calcul préliminaire comme on voit dans le type n°. 1er.

L'opération ainsi préparée, on cherche dans les tables ordinaires de logarithmes, celui de la hauteur du baromètre inférieur, et on le tire en ligne. (Voyez encore le type n°. 1er.).

C'est alors qu'il convient de procéder à la correction pour la température de l'instrument, parce que cette correction s'exécute plns commodément quand on l'associe au logarithme du baromètre inférieur; mais il faut en même temps lui donner une forme qui n'agisse sur le rapport des hauteurs barométriques que de la manière dont elle agirait si elle était appliquée à celui des deux instrumens qui a le moins de chaleur. J'y ai pourvu, comme M. Oltmanns, par une table auxiliaire qui a pour argument la différence des thermomètres (Voyez la table auxiliaire n°. 1.). Elle est divisée en deux parties, l'une pour la différence positive, l'autre pour la différence négative. Le signe qu'affecte le reste de la soustraction décide de l'emploi de l'une ou de l'autre. La différence est positive quand le baromètre inférieur est plus chaud que le supérieur; c'est le cas le plus ordinaire, c'est celui du type n°. 1. Elle est négative quand le baromètre supérieur est plus chaud que l'inférieur, ce qui arrive quelquefois quand on mesure de petites hauteurs: j'en offre l'exemple dans le type n°. 2. En cherchant dans la première colonne de ces tables le nombre qui répond à la différence des thermomètres, on trouvera en regard le logarithme qu'il faut ajouter à celui du baromètre inférieur, pour ramener les deux instrumens à la même température; et les logarithmes de la première table sont le complément arith-

métique de ceux de la seconde, parce que la mesure des dilatations est dans la colonne de mercure la moins élevée en température.

On additionne ces deux logarithmes, et de leur somme on soustrait celui de la hauteur du baromètre supérieur. Le reste est cette *différence des logarithmes* qui est proportionnelle à la différence de niveau, et qu'il s'agit de réduire en mesures.

M. Oltmanns évite la soustraction, en remplaçant le logarithme du baromètre supérieur par son complément arithmétique; mais cela ne diminue le nombre des opérations qu'en apparence, puisqu'il faut toujours faire à part une soustraction pour obtenir ce complément. Je préfère la méthode ordinaire, parce qu'elle annonce plus visiblement l'objet de l'opération, et qu'on vérifie plus aisément celle-ci, quand on a immédiatement sous les yeux tous les nombres sur lesquels on a opéré.

Il s'agit maintenant de convertir la différence des logarithmes en mesures. On effectue la conversion en multipliant cette différence par le coefficient, accompagné des corrections qui l'approprient à la température moyenne de la colonne d'air, à la latitude du lieu, et à la diminution de la pesanteur dans le sens vertical.

On commence donc par prendre le logarithme de la différence des logarithmes, et on le tire en ligne comme on voit dans mes exemples de calcul. On ajoute ensuite à ce logarithme:

1°. Celui du coefficient constant pour le 45e degré de latitude, réduit à l'espèce de mesures que doit exprimer le résultat. Si donc on veut obtenir la hauteur en mètres, on emploiera le logarithme 4.2633046. Ce sera 3.9734847, si on se propose d'évaluer la hauteur en toises, etc., ces divers logarithmes sont préparés d'avance, table 2 (A). J'ai séparé ainsi le coefficient primitif des modifications de la latitude, pour procurer la facilité de calculer directement les hauteurs en toutes mesures, et même d'essayer tel coefficient que l'on croira préférable au mien.

2°. La même table 2 (B) fournit la correction pour la latitude, calculée seulement de degrés en degrés. Une plus grande exactitude serait tout à fait superflue. On inscrit le logarithme de la latitude sous celui du coefficient.

3°. La diminution de la pesanteur, dans le sens vertical, vient ensuite. On effectue la correction au moyen de la table 3°; cette table est à double entrée. La première colonne verticale offre la différence des logarithmes, réduite aux deux premières décimales. La première colonne horizontale est consacrée à la double somme des thermomètres libres, notée de dix en dix degrés. Les différences moyennes, inscrites au bas de chaque colonne et à l'extrémité de chaque ligne, serviraient, si l'on voulait, à tenir compte de la troisième décimale dans la différence

différence des logarithmes, et des degrés intermédiaires dans la double somme des thermomètres ; mais on conçoit aisément l'inutilité de cet excès de précision. Les mêmes différences ont un autre usage dont nous nous occuperons en son lieu.

La correction pour la diminution de la pesanteur suppose le baromètre inférieur au niveau de la mer. Lorsque la station inférieure est très-élevée, la correction réglée sur le premier point de départ, devient insuffisante à compter du second, et l'exactitude géométrique exigerait qu'on l'augmentât proportionnellement à l'élévation absolue de la station. Mais il faut avouer que les occasions où ce supplément de correction deviendrait nécessaire, seront toujours très-rares, et que son influence sur la justesse des mesures ne sera jamais bien considérable. A partir d'une élévation de treize ou quatorze cents mètres, comme celle de Barèges ou du Puy-de-Dôme, il n'y aurait guères plus d'un deux mille quatre centième à ajouter aux hauteurs mesurées. Il faudrait être sur le Col-du-Géant ou sur le Mont-Perdu, pour que l'erreur allât à un millième. Or, de deux choses l'une, ou la station inférieure sera très-élevée, et alors on n'aura guères de grandes hauteurs à mesurer : ou elle le sera peu, et l'on n'aura qu'une légère correction à faire, en sorte que les petites quantités qu'elle introduira dans le calcul seront couvertes, le plus souvent, par l'incertitude ou l'erreur dont aucune observation n'est exempte.

Cependant, le savant collaborateur de M. de Humboldt n'a pas voulu négliger cette correction, et nous trouvons dans les tables hypsométriques qu'il vient de publier, une petite table des quantités à ajouter aux hauteurs mesurées, selon l'élévation absolue où se trouve le baromètre inférieur, élévation indiquée d'une manière suffisante par celle de la colonne de mercure. Je lui emprunte cette table en la transformant en logarithmes, pour l'assortir au système de calcul que j'ai adopté. Elle est placée à la suite de celle qui sert à corriger la diminution de la pesanteur, et l'on voit un exemple de son usage dans le type de calcul n°. 7. Les hauteurs du baromètre n'y sont notées que de cinq en cinq centimètres. Il est évident que ces divisions sont bien assez rapprochées, et il ne l'est pas moins que si l'on voulait absolument se procurer la correction correspondante à chaque centimètre de cette échelle, on y parviendrait sans erreur sensible en prenant les parties proportionnelles des différences indiquées entre les termes.

4°. Il ne reste plus qu'à tenir compte de la température moyenne de la colonne d'air. Pour effectuer cette dernière correction, on divisera par le nombre mille, le même nombre mille, augmenté ou diminué du double de la somme des degrés indiqués par les deux thermomètres libres, selon que cette somme sera au-dessus ou au-dessous de zéro.

Supposons-la $+ 40^{\circ}$, on a $\frac{1040}{1000} = 1.040$.

Supposons-la $- 40^{\circ}$, c'est alors $\frac{960}{1000} = 0.960$.

Une pareille opération n'en est pas une : elle s'exécute d'un coup-d'œil, et pour avoir le logarithme de 1.040 ou de 0.960, ce qu'il y a de plus commode quand on a des tables de logarithmes en main, c'est d'y recourir. Je n'en donne donc point d'autre ; elle n'aurait été qu'une transcription tout-à-fait surabondante.

Le type de calcul n°. 5 offre l'exemple d'une température moyenne au-dessous de zéro.

Maintenant la somme des cinq logarithmes que l'on vient de tirer en ligne, est celui de la hauteur cherchée, exprimée en mesures de la nature de celles dont on a imprimé le type au coefficient.

On voit que cette petite opération est bien plutôt faite qu'expliquée. Elle se réduit à transcrire des nombres préparés d'avance. Point de calculs accessoires, point de parties proportionnelles, point d'interpolations. Mes tables sont construites de façon à fournir directement toutes les fractions qui méritent d'être prises en considération. Elles ne pouvaient avoir cet avantage sans perdre quelque chose en brièveté ; mais il est fort indifférent que les tables soient longues, et il ne l'est pas que le calcul soit court, clair, facile à vérifier dans toutes ses parties. Le mien ne présentera qu'un très-petit nombre de chiffres, si l'on renonce à mettre sous les yeux tous ceux qui servent à l'opération. Que l'on voie l'exemple de calcul n°. 9, et qu'on s'y conforme, si on le juge à propos. Il tiendra moins de place, mais il sera réellement plus long d'une addition partielle ; et, en cas de doute, la vérification sera plus difficile. Dans la méthode que je recommande, les observations étant préparées, comme dans toutes les méthodes possibles, il n'y a, à la lettre, que deux opérations à faire : une soustraction et une addition ; car on ne comptera assurément pas pour des opérations, la petite peine d'aller chercher, dans les tables, des nombres tout faits.

Il me reste seulement à indiquer les ressources que présentent ces tables, dans les cas assurément très-rares où une observation en dépasse les limites.

On ne sera pas surpris, par exemple, que la hauteur prodigieuse à laquelle M. Gay-Lussac s'est élevé, ne soit pas comprise dans la table de la diminution de la pesanteur dans le sens vertical. Mais il est aisé d'y pourvoir au moyen des différences notées au bas de la colonne. Je me procure le logarithme correspondant à la différence logarithmique 0.36 dans la colonne + 40°, en en ajoutant le décuple de la différence moyenne 129.7 ou le nombre 1297 au logarithme 0.0014658, qui répond à la différence 0.26 contenue dans la table. Voyez le type N°. 8.

De même, lorsqu'on mesure de très-petites hauteurs, la double somme des thermomètres peut excéder quelquefois les bornes de la table. On en a l'exemple dans le type N°. 6. Dans cet exemple, je prolonge la série correspondante à la différence logarithmique 0.005 jusqu'à la colonne 110°. qui manque à la table,

en ajoutant la différence moyenne 108.9 au logarithme 0.0012003 contenu dans la colonne 100°. On soustrairait cette même différence s'il s'agissait de se procurer un nombre dans la colonne — 20°. Mais on sent aisément que pour de petites hauteurs cette recherche de précision est parfaitement inutile. On peut s'en tenir au logarithme qu'indique la colonne la plus voisine de celle qui manque à la table.

L'observation de Gay-Lussac met également en défaut la table 1re, destinée à la correction de la température de l'instrument ; mais quelles tables, si l'on en excepte les tables de logarithmes, l'observation de Gay-Lussac ne met-elle pas en défaut ? La différence des thermomètres était de 40.3, et la table ne va qu'à 30°. On y supplée sans erreur sensible en ajoutant au logarithme qui répond à 30°. celui qui répond à 10°.3. C'est ainsi que j'en ai usé dans le type n° 8. Au reste il aurait été tout aussi expéditif et encore plus commode de corriger directement la hauteur du baromètre le moins élevé en température au moyen de la table 4e, qui donne en centièmes de millimètres et en centièmes de ligne, l'augmentation correspondante à une différence de température d'un à dix degrés. J'ai employé cette méthode dans les types de calcul n°s 3, 5, 6, et je crois qu'on sera disposé à lui donner souvent la préférence. Le baromètre de Gay-Lussac étant à 32.8.80, on aurait pris dans la 1re colonne verticale 33°, et partant de là on aurait trouvé la variation 0^mm^.61 pour 10°, ce qui fait 2.44 pour 40° ; et pour les trois dixièmes restans, on aurait pris le dixième de 0.18, qui répond à 3 degrés. La hauteur du baromètre de Gay-Lussac aurait donc été augmentée de 2.44+0.018=2.458=2.46. Cet exemple suffit pour indiquer la manière d'employer la table.

Elle a un autre avantage. M. Daubuisson a récemment proposé d'ajouter à la correction pour la température du mercure, une seconde correction pour la dilatation du laiton, quand on emploie des baromètres dont la monture est faite de ce métal. Cette correction est fort petite ; car la dilatation du laiton n'est que le dixième de celle du mercure ; savoir d'un cinquante-quatre millième à-peu-près, pour un degré du thermomètre centigrade. Mais il n'y a rien à négliger en fait d'exactitude, et la proposition de M. Daubuisson mérite d'être accueillie. La table 4e. rend cette correction extrêmement facile. Tout se réduit à diminuer d'un dixième celle que la table fournit pour la température du mercure. Si donc on avait employé des baromètres de laiton à l'observation de Gay-Lussac, on aurait eu pour la correction de la température du

mercure	+ 2.458
pour la correction de celle du laiton	— 0.246
reste à ajouter à la hauteur barométrique	+ 2.212

La correction pour la dilatation du laiton diminue toujours la correction pour la dilatation du mercure, et même dans le cas où l'on réduirait la température

du baromètre le plus chaud à celle du baromètre le plus froid. En effet, la variation pyrométrique de l'échelle agit en sens contraire de celle du mercure. Si la chaleur allonge l'échelle, la colonne de mercure est mesurée par un moindre nombre de divisions. Si le froid raccourcit cette échelle, la colonne est mesurée par un trop grand nombre de divisions. Dans le premier cas, la quantité à soustraire de la hauteur du mercure est diminuée de la quantité qu'il faut ajouter à la longueur de l'échelle ; dans le second cas, la quantité à ajouter à la hauteur du mercure est diminuée de celle qu'il faut soustraire de la longueur de cette même échelle. On n'oubliera pas cette règle si l'on adopte l'usage de réduire uniformément toutes ses observations à une température constante, par exemple à 12°.5, comme je suis dans l'habitude de le faire pour mes observations météorologiques.

Donnons maintenant un coup d'œil aux secours que l'on tire, en certaines circonstances, des tables suivantes.

1°. La formule exige l'emploi du thermomètre centigrade ; cependant beaucoup de thermomètres ont encore la division octogésimale; les Anglais continuent à faire usage de celle de Fahrenheit, et les baromètres construits à Genève, sont toujours garnis d'un thermomètre de correction divisé à la manière de Deluc. La table 8e. A, B, C, offre la réduction de ces diverses échelles à la division centésimale. Quand les thermomètres observés aux deux stations sont de même espèce, il est inutile d'opérer la réduction séparément sur chacun d'eux : on l'appliquera seulement aux sommes et à la différence. Voyez le type du calcul n°. 3.

2°. Il est indifférent que les baromètres soient divisés en millimètres ou en lignes ; mais quand ils le sont en lignes, il faut que celles-ci soient subdivisées en fractions décimales. Dans les baromètres de Genève, la ligne est partagée en seizièmes, et elle l'est en douzièmes dans quelques instrumens construits à Paris. La table 9e. A, B, offre la conversion des seizièmes et douzièmes en dixièmes et centièmes.

3°. Si les baromètres observés aux deux stations, n'avaient pas la même échelle ; si l'un, par exemple, était divisé en millimètres, l'autre en lignes du pied anglais ou du pied de roi, il faudrait les réduire à la même division.

La table 10e. est destinée à faciliter ces conversions. Elle sera utile surtout dans les occasions où l'on a intérêt à transformer promptement en mesures que l'on connaît, des hauteurs barométriques énoncées en mesures dont on n'a pas l'habitude. Mais pour calculer une observation, il est encore plus commode de réduire la division du baromètre inférieur à celle du baromètre supérieur, en ajoutant au logarithme de la hauteur du premier, celui du rapport des deux mesures. Ces logarithmes de conversion sont préparés dans la table n°. 11, et l'on peut en voir l'usage dans le calcul n°. 4.

La même table n°. 11 sert encore à convertir en diverses mesures les résultats que l'on a définitivement obtenus. On a mesuré une hauteur en mètres, on veut l'avoir en toises françaises, ou anglaises, ou en pieds du Rhin, et réciproquement ; l'addition d'un logarithme suffit. Les types n°s. 3, 4, 8, offrent des exemples de ces conversions, qui sont au nombre des applications les plus agréables des logarithmes à nos besoins ordinaires.

4°. Il n'est pas indifférent à la justesse des mesures barométriques, d'avoir des baromètres où le mercure se soutienne à sa hauteur absolue. Quand ils sont à cuvette, il n'en est jamais ainsi : la colonne éprouve une dépression due à la capillarité, et qui est d'autant plus considérable que le diamètre du tube est plus petit. Elle excède un millimètre dans les tubes qui en ont cinq et six de diamètre intérieur. M. Laplace a calculé une table pour ces dépressions. On la trouve ici, n°. 9. C. Pour en faire usage, on mesurera exactement le diamètre intérieur des tubes, et l'on ajoutera aux hauteurs du mercure, la quantité qui se trouve en regard du diamètre le plus approchant.

Je ne parlerai point ici des tables hygrométriques, n°s. 5, 6 et 7. Il en sera question à l'article des observations météorologiques sédentaires.

La méthode de calcul que je viens d'exposer, quoique très-expéditive, le sera peut-être un peu moins que les méthodes fondées sur des tables spéciales, surtout si celles-là sont assez étendues pour dispenser de toute interpolation ; mais elle conservera toujours l'avantage d'une plus grande généralité, et il me semble qu'elle se recommande non-seulement par la justesse et la facilité, mais surtout par la propriété de se prêter également aux habitudes des calculateurs de tous les pays et à tous les changemens que l'on jugerait à propos de faire subir au coefficient. Ces considérations, au reste, n'atténuent en rien le mérite des procédés très-ingénieux que l'on a substitués à la méthode logarithmique. On sait combien sont élégantes et commodes les tables hypométriques, dont M. Oltmanns a enrichi le nivellement barométrique de M. de Humboldt. M. Biot, de son côté, vient de réduire l'opération à un tel degré de simplicité, qu'elle se borne, pour ainsi dire, à une simple soustraction. Enfin, au moment ou j'écris, M. Oltmanns ayant remanié ses premières tables et les ayant ramenées au système métrique, nous a fourni, en une page et demi, trois petites tables, à l'aide desquelles on calcule les observations avec une exactitude et une célérité qu'il n'est peut-être pas possible d'outrepasser. Mais celles de ces tables qui se font le plus remarquer par leur brièveté, ont nécessairement le défaut de laisser à la charge de celui qui les emploie, les petits calculs incidens que j'ai pris à tâche de lui éviter ; et toutes ont l'inconvénient d'exiger l'emploi exclusif de certaines mesures, ou de forcer le calculateur à des conversions qui allongent les opérations et multiplient les causes d'errenr. La méthode logarithmique, au moins, est parfaitement indif-

férente aux divers systèmes de mensuration. Il faut se charger, il est vrai, d'une table de logarithmes ; mais il en est de si portatives, il est si aisé de réduire les autres à la partie qui renferme la série des nombres, et d'y joindre nos trois premières tables auxiliaires ! Quel est le voyageur instruit qui, prenant la peine de transporter un baromètre, regardera comme un fardeau incommode les logarithmes de la Lande ou de Plauzolles, que tant d'autres opérations peuvent lui rendre nécessaires ? Et quant aux personnes qui borneraient leurs observations à l'unique objet des mesures barométriques, je ne crois pas inutile de profiter de la vogue qu'elles ont acquise, pour les engager à se familiariser avec un livre vraiment admirable, avec ce *Barême* des hommes instruits, qui ne demeurerait assurément pas confiné dans les mains des seuls géomètres, si l'on savait combien il est facile de s'en servir, et si l'on était plus généralement informé des commodités sans nombre qu'il peut avoir dans les affaires les plus ordinaires de la vie civile.

§ III. *Calcul des observations isolées, proposé par M. de Lindenau.*

Je n'ai point cité les tables barométriques de M. de Lindenau, non qu'elles ne soient très-recommandables, mais parce qu'on ne peut les employer pour la formule de M. de Laplace, sans des réductions qui en rendent l'usage peu commode. Les changemens que ce savant a faits à la formule, sont assez considérables. D'abord il regarde un coefficient barométrique comme fonction de la latitude, et en conséquence il corrige et augmente le nôtre, en le rapprochant de celui que paraissent fournir certaines observations faites dans les contrées septentrionales. M. de Humboldt a réfuté ce système, et je partage le sentiment de ce célèbre voyageur. Cependant je crois comme M. de Lindenau que notre coefficient pourrait se trouver un peu faible pour les latitudes très-élevées, et un peu fort pour celles qui avoisinent l'équateur. J'ai déjà énoncé cette opinion ailleurs (*) ; mais je la fonde sur des motifs très-différens de ceux qui ont déterminé l'auteur des tables barométriques. La nécessité de faire subir au coefficient une correction particulière, non pour la latitude, mais pour le climat, dérive, à mon avis, de cette variation des pressions atmosphériques, dont je trouve la cause dans le jeu des courans verticaux. Il faut peut-être le corriger dans les contrées beaucoup plus froides ou beaucoup plus chaudes que les nôtres, par la même raison et de la même manière qu'il faudrait le corriger chez nous au gré des saisons et des heures. Or, pour constater la

---

(*) Voyez ci-dessus, 3e mémoire, page 97.

valeur de cette correction, il ne s'agirait de rien moins que de répéter, aux différentes époques de la journée et dans les régions voisines de l'équateur et du pôle, les observations que j'ai faites en France et à midi, depuis le 42e jusqu'au 49e degré de latitude. Ce n'est pas du tout un terme moyen à chercher entre les coefficiens que fourniraient les mesures barométriques prises à des latitudes diverses. Celui que j'ai déterminé pour nos contrées tempérées, n'a aucune correction à subir à raison des augmentations ou des diminutions qu'exigeraient les vents descendans de la Laponie et les vents ascendans de la presqu'île du Gange. Il cesserait d'être juste là comme ici, et finirait par ne l'être nulle part. Ce qu'il faut reconnaître, en comparant d'excellentes observations, c'est la valeur d'un élément de nos coefficiens, que personne encore n'a imaginé d'examiner séparément, savoir le rapport de la pression de l'air à sa pesanteur, rapport sur lequel la progression des latitudes n'agit qu'en tant qu'elle influe sur la chaleur de la terre et la température des climats; rapport enfin qui, une fois déduit des expériences, fournira des corrections horaires et locales, dont notre coefficient demeurera exempt tant qu'on ne l'emploira que sous les conditions de sa détermination primitive; car il paroît naturel de placer le point de départ, ou le zéro de la correction, au milieu du jour et au milieu de la zone tempérée.

Voilà, ce me semble, le véritable état de la question. Considérée sous ce point de vue, elle est d'un intérêt très-supérieur à celui du sujet qui l'a fait naître. La mesure des hauteurs change d'aspect. D'objet qu'elle était de nos recherches, elle en devient l'instrument, et porte la lumière sur l'une des plus obscures modifications de notre atmosphère. Des considérations de cet ordre ne sont pas indignes d'occuper l'ingénieux auteur des tables barométriques; et certes, celui-là pourra se flatter d'avoir bien mérité de la science, qui aura eu l'occasion, le loisir et la patience de recueillir et combiner les faits d'où dépend la solution du problème.

Si l'on néglige ces considérations et beaucoup d'autres que j'ai exposées en leur lieu, on disputera sans cesse sur les coefficiens, et l'on ne s'entendra guères. Il est fort aisé de leur assigner une valeur approximative : on la rencontre du premier coup. Mais veut-on aller plus loin et pousser l'approximation au-delà des premiers aperçus? Alors naissent les difficultés et la nécessité d'examiner scrupuleusement une multitude de petites causes perturbatrices dont l'influence devient grande sur la limite qui sépare la vérité de l'erreur. Ces causes peuvent avoir agi sur mes résultats jusqu'à un certain point, et je n'ai garde de croire mon coefficient à l'épreuve d'une correction de quelques unités. De même, MM. Biot et Arrago, que l'expérience a conduits au même nombre, abandonneront volontiers quelques unités à l'incertitude inséparable des opérations de ce genre. Mais tandis que M. de Lindenau y veut une augmentation,

M. Daubuisson veut au contraire qu'on le diminue. Je reste entre deux, et il faut convenir que, par cela même, les probabilités demeurent encore de mon côté.

M. de Lindenau propose aussi un autre changement: et celui-ci tient de plus près à la constitution de la formule. Il réforme la correction pour la température, d'après l'hypothèse d'un décroissement en progression harmonique. Son opinion est celle de plusieurs physiciens célèbres, et s'appuye sur des considérations d'un grand poids; mais il faut convenir aussi qu'elle n'a guère d'application dans la pratique. Rien de bien constant à cet égard. Au voisinage de la terre, le décroissement de la chaleur est ordinairement d'une lenteur extrême, et quelquefois d'une singulière rapidité. Il s'accélère communément à une certaine hauteur, et le maximum de l'accélération se rencontre dans une couche d'air dont l'élévation absolue paraît varier suivant le climat. Vers l'équateur, M. de Humboldt a reconnu cette couche entre 2500 et 3500 mètres d'élévation (*). Dans les Pyrénées, j'ai cru la trouver entre 2000 et 3000 mètres. Plus haut il se ralentit de nouveau; et ces dispositions générales qui s'écartent déjà de la supposition, sont encore modifiées et troublées de mille manières par les saisons, les lieux, les vents, les courans ascendans et descendans, par l'irradiation solaire, les nuages, la pluie, etc.; en sorte qu'après avoir jugé la marche du décroissement d'après des observations faites sur deux ou trois points de l'échelle mesurée, on trouve communément la loi en défaut sur tous les points intermédiaires. La supposition d'un décroissement uniforme, adoptée dans toutes nos formules, est une évaluation moyenne qui satisfait au plus grand nombre des cas, et tient la balance égale entre une multitude de résultats divergens. Elle convient parfaitement à son usage ordinaire, savoir: à la mesure des montagnes, autour desquelles l'air, soumis à la réaction de la terre, ne se comporte pas du tout comme il fait dans son état d'indépendance absolue; et jusqu'à présent l'exactitude de nos mesures justifie notre procédé autant que sa simplicité le recommande.

L'extrême irrégularité qu'affecte le décroissement de la chaleur, dans la couche d'air qui avoisine la terre, est un des obstacles qui s'opposeront toujours à ce qu'on détermine exactement les hauteurs absolues sans le secours d'observations correspondantes et simultanées du baromètre et du thermomètre. Il ne me semble pas inutile de traiter ici de ces sortes de mesures; parce que M. de Lindenau leur a donné, à mon avis, plus de consistance qu'elles ne méritent.

Le tableau des décroissemens, que j'ai placé à la fin de ce chapitre, est tout à fait propre à éclaircir la question. Il est composé d'observations prises au hasard, non seulement entre les miennes, mais entre celles des plus célèbres physiciens. On y parcourt une échelle de sept mille mètres, et des températures

(*) Géogr. des pl, pag. 84.

dont

dont la moyenne varie depuis un degré au-dessous du terme de la congélation jusqu'à 28° au-dessus. Or, quelle que soit la loi de décroissement qu'on aura déduite de la théorie, de la constitution abstraite de l'atmosphère, du phénomène des réfractions, d'observations faites dans des circonstances extraordinaires et à des hauteurs qu'il n'est pas aisé d'atteindre, on en conviendra, il serait difficile d'y plier les résultats que mon tableau présente. Les décroissemens lents et les décroissemens rapides accompagnent indifféremment les grandes et les petites hauteurs; on les remarque tour à tour dans les régions supérieures, moyennes et inférieures de l'atmosphère; ils se rencontrent pêle-mêle avec tous les degrés de froid et de chaud: pourtant, ces observations sont de bonnes observations; elles ont fourni, en général, des mesures fort exactes; plusieurs d'entre elles sont justifiées par des mesures géométriques; ce sont enfin les observations que nous fesons tous les jours, et pour qui nos formules barométriques sont faites. Les mesures se trouvent justes, parce que le thermomètre consulté à la station inférieure, a éliminé une inconnue à laquelle aucune considération purement théorique n'aurait pu donner une valeur déterminée. Quel observateur, en effet, n'eût pas été déçu par les règles générales, s'il se fût avisé de les appliquer aux colonnes d'air comprises entre la mer du Sud et *Guanaxuoto*, entre *Tarbes* et le *Mounné*, entre *Prudelles* et *Clermont?* Or, une observation correspondante, faite au bas de la colonne, a fixé le point de départ; les extrêmes de la température une fois connus, ont redressé le calcul; et quoique le décroissement de la chaleur éprouve ordinairement, dans une seule et même colonne d'air, des irrégularités occasionnées par une multitude de causes accidentelles qui, tour à tour, le retardent et l'accélèrent; quoique, dans certains cas, il se démente au point de devenir inverse, cependant une moyenne arithmétique, prise entre les deux températures extrêmes, couvre si bien ces irrégularités que la justesse de la mesure n'en est point altérée.

Mais on n'a pas toujours des observations correspondantes; et quand on transporte un baromètre, on voudrait bien y lire à-peu-près l'élévation absolue du lieu où l'on se trouve. L'expédient auquel on a eu recours jusqu'à présent, consiste à comparer la hauteur du mercure avec la hauteur moyenne du baromètre au niveau de l'Océan. On prend tout simplement la différence des logarithmes, et on la transforme en mesures sans aucune correction quelconque. C'est ainsi que les montagnes d'Auvergne avaient été avant moi mesurées: les erreurs pouvaient passer pour petites quand elles n'excédaient point cinquante à soixante mètres. M. de Lindenau a imaginé d'introduire dans le calcul la correction de la température, et n'a pas dédaigné de dresser avec sa patience ordinaire deux tables, dont l'une sert à déduire la température inférieure de la température supérieure, suivant l'élévation où l'on se trouve, et dont l'autre est destinée à épargner tout calcul, en présentant tout d'un coup l'élé-

vation absolue qu'indiquent les hauteurs du baromètre et du thermomètre.

J'emploie, de mon côté, un procédé fort analogue au sien et qui n'est guère moins commode, sans m'inspirer toutefois plus de confiance. Mais quand même ces moyens seraient d'un usage aussi sûr qu'ils sont nécessairement infidèles, il resterait toujours dans l'opération un vice radical, dont aucun expédient ne saurait la purger. On compare une observation isolée à la moyenne d'un grand nombre d'observations. La comparaison n'est juste que dans le cas unique où le baromètre se trouverait fortuitement à sa moyenne hauteur précise. Par cela même que le cas est unique, il y a toujours à parier que ce n'est pas celui de l'observation. Le baromètre supérieur sera tantôt au-dessus, tantôt au-dessous de sa moyenne, et s'en éloignera souvent d'une quantité considérable. Alors, il n'y a qu'une chance en faveur de la mesure, savoir, celle de l'erreur que l'on fera très-probablement sur le décroissement de la température; mais si les deux erreurs, au lieu de se compenser, se cumulent, l'apparente amélioration du calcul n'aura d'autre effet que d'en accroître réellement l'inexactitude.

Quoi qu'il en soit, voici comment on peut procéder. En supposant que la hauteur moyenne du baromètre au niveau de l'Océan est de 28^{p}.2^{l},20 pour le 10e degré du thermomètre octogésimal, ou 762.92 pour 12°.5 du thermomètre centigrade, supposition que M. de Lindenau, M. Biot et la plupart des modernes ont adoptée d'après Schuckburgh, je commence par réduire mon observation à la même température 12°.5 au moyen de la table n° 4, et je prends, comme de coutume, les logarithmes des deux hauteurs barométriques et la différence de ces logarithmes. Cette différence me fournit une base pour évaluer la température inférieure d'après la marche la plus ordinaire des décroissemens. Pour cela il suffit de la réduire à trois décimales, et de la multiplier par le nombre constant 122. Le produit exprimera en degrés et fractions décimales de degré, la quantité dont il faut augmenter la température qu'indique le thermomètre supérieur, pour avoir approximativement celle à laquelle le thermomètre inférieur a dû naturellement s'élever. J'ai maintenant tout ce qu'il faut pour terminer le calcul à la manière accoutumée, et il est inutile de dire que je choisis le mode le plus expéditif, celui qui est indiqué dans mon premier mémoire, page 36, n° II.

On trouvera au n° 10 des exemples de calcul, l'application de ce procédé faite à l'élévation absolue de l'aréostat de Gay-Lussac. Le hasard a voulu que je rencontrasse juste dans une circonstance où je ne m'y attendais guère. Je dis le hasard, car cette justesse n'est que l'effet d'une compensation imprévue entre deux erreurs évidentes. D'abord le baromètre, supposé au bord de la mer, ne pouvait être à sa hauteur moyenne; il était fort au-dessus, puisque celui qu'on observait à Paris, était lui-même à près de 766 millimètres; la conséquence nécessaire de cette première erreur eût été de me donner une

élévation beaucoup trop petite. Mais, d'un autre côté, mon facteur 122 suppose un décroissement de chaleur plus rapide qu'il n'était dans cette circonstance, et pour répondre à celui qui résulte de l'observation faite à Paris, il aurait fallu réduire ce facteur à 111. Ma seconde supposition a donc corrigé la première, en exagérant la chaleur inférieure.

C'est précisément de la même manière que la méthode de M. de Lindenau a réussi pour mon observation du Pic du Midi, faite le 27 septembre 1803 et rapportée dans les Élémens de physique de Haüy. Le baromètre que j'employais alors était capillaire, et se tenait à $1^m.40$ au-dessous du baromètre à siphon, et en augmentant sa hauteur de cette quantité, il était encore ce jour-là à 5.70 au-dessous de l'élévation moyenne du mercure, que j'ai conclue pour le sommet du Pic d'une suite d'observations faites dans cette vue. L'opération de M. de Lindenau aurait donc attribué au Pic du Midi une élévation absolue beaucoup trop forte, si l'excès n'avait été compensé par la supposition d'un décroissement de chaleur plus lent qu'il n'était dans cette circonstance.

Au reste, le décroissement admis par M. de Lindenau, est tout à fait semblable à celui que mon facteur suppose, et les deux méthodes fournissent habituellement des résultats très-peu différens. Cet accord est fait pour m'inspirer quelque confiance dans les observations sur la foi desquelles j'ai établi le décroissement moyen, mais ne m'en inspire aucune pour cette manière de mesurer les hauteurs. Je trouve que notre méthode corrigée diminue trop peu les écarts de la méthode simple, et je trouve en outre que ses erreurs, au lieu de se partager également entre le plus et le moins, sont presque toujours dans le même sens, et tendent plus ordinairement à diminuer qu'à exagérer les mesures. Cette tendance est remarquable; elle ne tient point à l'évaluation du décroissement de la chaleur, car on reconnaît la même tendance dans la méthode simple à qui la correction de température est étrangère. Elle concourt donc à faire naître des soupçons sur ce que M. de Lindenau, et avant lui plusieurs physiciens célèbres, ont regardé comme la moyenne hauteur du baromètre au niveau de l'Océan. Il y a long-temps que je suis forcé de suspecter cette moyenne, soit en la comparant à d'autres moyennes calculées pour des lieux d'élévation connue, soit d'après la considération du système ordinairement suivi pour les observations météorologiques. Si je puis avoir confiance dans mes propres observations, cette moyenne fondamentale est trop faible, et je dois évaluer l'augmentation qu'il faut lui faire subir, à soixante centièmes de ligne au moins, pour l'heure de midi et la température $12^o.5$ du thermomètre centigrade (10° de Réaumur); et, en effet, si on la porte à $28^p.2^l,80$ ou $764^m\ 27$ (ce qui serait d'accord avec d'anciennes évaluations, dont je ne me rappelle pas l'origine), alors on introduira un peu plus d'égalité

entre les chances d'erreur, dans les calculs où cette moyenne est employée.

Mais quelles que soient les corrections que l'on fasse aux méthodes approximatives qui ont amené cette digression, ce seront toujours de fort mauvaises méthodes. On n'y aura recours qu'avec défiance, et seulement pour estimer, à quelques dixaines de mètres près, l'élévation du lieu où l'on se trouve, quand on n'aura aucun moyen de parvenir à une évaluation plus précise. Le baromètre, après tout, n'est pas plus fait pour mesurer les montagnes sans le secours d'observations correspondantes, que le cercle répétiteur sans une exacte détermination des distances.

Tableau des décroissemens de la température observés à diverses hauteurs.

			Hauteur de la colonne d'air mesurée.	Température inférieure.	Température supérieure.	Pour 1° centigr. de refroidissement.	Différence des logarithmes des hauteurs Barométriques.	Facteur pour déduire la température inférieure de la supérieure.
			m.			m.		
1	Aérostat de Gay-Lussac. .	Paris.	6979	+30.8	— 9.5	174	0.363	111
2	Chimborazo.	Mer du sud.	5879	25.3	— 1.6	219	0.304	88
3	Montblanc.	Genève. . à midi.	4374	28.3	— 2.9	140	0.229	136
4	————	——— à 2 h. S.	—	27.6	— 1.6	150	0.229	128
5	Pic de Teneriffe	Orotava (Cordier).	3729	24.9	+ 8.4	226	0.190	87
6	Montblanc	Chamouny. à midi.	3722	23.0	— 2.9	144	0.197	132
7	————	———— à 2 h. S.	—	25.0	— 1.6	140	0.196	136
8	Etna . . . . r . . .	Catane. (Saussure)	3237	23.1	+ 4.4	178	0.172	109
9	Montperdu	Tarbes	3117	25.6	6.9	167	0.155	121
10	Col du Géant.	Genève.	3060	24.9	4.5	150	0.153	133
11	Maladette.	Tarbes. (Cordier).	2904	20.8	3.4	167	0.150	116
12	Pic du Midi	Tarbes. . 26 Juill. 1809 . .	2613	27.5	11.6	164	0.131	121
13		15 Septembre . .	—	19.6	8.6	238	0.133	83
14		4 Sept. 1803. .	—	22.5	8.1	181	0.135	107
15		12 Septembre. .	—	23.5	10.4	199	0.133	98
16		23 Septembre. .	—	18.8	8.1	244	0.135	79
17		27 Septembre. .	—	19.1	4.0	173	0.136	111
18		30 Septembre. .	—	14.8	4.3	249	0.134	77
19	Col du Géant.	Chamouny	2384	21.6	4.5	139	0.121	141
20	Montperdu.	Barèges.	2152	25.0	6.9	119	0.111	163
21	Pic d'Eyré.	Tarbes	2147	21.3	11.0	208	0.109	94
.22	Guanaxuoto.	Mer du sud.	2084	25.3	21.3	. 521	0.103	. 39
23	Pic de Montaigu	Tarbes	2053	14.5	3.1	180	0.108	106
.24	Pic de Bergons.	Tarbes	1791	19.0	13.5	. 326	0.091	. 60
25	Pic du midi.	Barèges 30 Aout 1805. . .	1655	26.7	16.4	161	0.084	123
26		15 Septembre. . .	—	21.9	8.0	119	0.085	164
27		15 Aout 1809. . .	—	21.3	8.2	127	0.085	154
28		23 Septembre . . .	—	18.5	6.0	132	0.086	145
29		19 Octobre.	—	15.9	2.5	123	0.087	154
30		11 Septembre 1810.	—	17.8	7.0	153	0.086	126
31		22 Septembre. —.	—	18.9	5.8	126	0.086	152
32		28 Septembre. —.	—	18.4	5.2	125	0.086	153
33	Puy de Dôme.	Clermont 25 Juin 1806 —.	1066	21.3	14.4	154	0.054	128
34		11 Oct. 1807 midi.	—	17.8	10.8	152	0.055	127
35		———— 2 h. S.	—	18.6	11.7	154	0.055	126
36		29 Juin 1808. . .	—	24.8	15.2	111	0.054	173
37		7 Aout. — . . .	—	32.9	23.4	112	0.052	183
.38	Monnné du Bagnères. . . .	Tarbes	950	10.3	9.6	·1357	0.050	. 14
39	Bédat du Bagnères.	Tarbes.	561	10.9	8.0	193	0.029	100
40	Pont du Berger.	Clermont.	492	0.3	— 2.9	154	0.026	123
41	La Barraque.	Clermont.	380	23.6	+21.8	211	0.019	95
.42	Prudelle.	Clermont.	287	28.3	25.0	. 87	0.014	. 236
						8548	. . . . .	5057

Décroissement moyen résultant des 42 observations. . . . . 203.5 . . . . . 120.4
en éliminant les observations N°. 22. 24. 38. 42. . . . . 164.7 . . . . . 123.9

Nota. Le facteur correspondant à chaque observation, a été obtenu en divisant la différence des Thermomètres par la différence des logarithmes.

PARTIE EXPÉRIMENTALE.

Entendre la théorie des mesures barométriques, n'est pas une chose fort difficile. Il est encore plus aisé d'apprendre à bien calculer les observations; mais ce qui ne l'est pas à beaucoup près autant, c'est de les bien faire. De très-habiles gens nous en ont donné quelquefois d'assez mauvaises, tantôt faute de bons instrumens, tantôt faute de bonnes méthodes, et toujours pour avoir cru trop aisée une petite expérience de physique, qui ne laisse pas d'être en elle-même fort délicate, et qui souvent ne répond pas dans le sens où on l'interroge, parce que c'est le propre de toute expérience de ne répondre juste qu'à des questions bien posées.

Cependant, on s'est ordinairement pressé de tirer des conclusions, et l'on n'avait pas encore songé à perfectionner les instrumens, et bien moins les méthodes, que déjà les petites et les grandes questions de la météorologie étaient abordées, si ce n'est résolues, sur la foi d'observations ou insuffisantes ou suspectes, ou qui ne disaient pas un mot de ce qu'on leur fesait dire.

C'est du bel ouvrage de M. Deluc sur les modifications de l'atmosphère, que datent les observations qui ont réellement avancé nos connaissances. Avec ce que le temps y a ajouté, on composerait maintenant, sur la manière d'employer les instrumens météorologiques, un livre assurément bien utile à ceux qui les consultent, car il s'en faut beaucoup que la partie expérimentale de la science ait marché de pair avec sa partie mathématique, et l'art de faire de bonnes observations est loin encore d'être aussi répandu que l'art de les mettre en usage.

Il n'est donc pas inutile d'avertir ceux à qui cette instruction est destinée, que si l'exactitude matérielle est la première condition d'une bonne observation, considérée en elle-même, il n'y en a pas moins beaucoup d'autres conditions à remplir, pour l'approprier à la fin particulière qu'on se propose; que la météorologie, que les mesures barométriques exigent le choix de conjonctures opportunes; que ce choix exige à son tour une étude approfondie des phénomènes atmosphériques; que les lois de la physique générale posent bien les principes, mais ne dictent pas toujours les applications; que celles-ci ne sont point du ressort de l'enseignement dogmatique; qu'il faut, pour effectuer des applications heureuses, du tact, de la critique, de l'expérience, et que l'on n'apprend pas tout cela comme on apprend à lire, à calculer, à retourner les termes d'une formule. Lisons donc et méditons les ouvrages de

Deluc, de Saussure, les mémoires de Pictet, les livres des physiciens qui se sont occupés de l'usage raisonné des instrumens météorologiques, et surtout observons long-temps avant de nous fier à nos observations, et plus long-temps encore avant de céder à la tentation d'en tirer des conséquences ; car la bonté des observations tient à une foule de petites précautions que l'habitude seule rend constamment présentes à la mémoire, et la légitimité des conséquences repose sur des considérations trop nombreuses pour être à la disposition de l'esprit qui n'a pas eu le temps de se les rendre familières.

J'ai eu soin d'exposer, dans les précédens mémoires, le mécanisme de mes opérations, et une grande partie de ces mémoires est destinée à en développer le système ; il me suffit donc de reproduire ici, sous une forme plus méthodique, ce que j'ai dit ou indiqué ailleurs, et je m'occuperai d'abord des observations sédentaires, parce qu'elles sont l'un des appuis principaux de la science météorologique, et surtout parce qu'elles nous fourniront avec le temps des repères pour le nivellement de nos continens.

§ Iᵉʳ. *Observations météorologiques sédentaires, pour la détermination des moyennes pressions de l'atmosphère.*

Les observations sédentaires n'ont qu'une utilité bien circonscrite si elles ne sont point comparables, c'est-à-dire si partout des pressions égales ne sont point exprimées par des hauteurs égales de la colonne de mercure. On imagine aisément que cette condition principale ne peut être remplie par les grossiers instrumens dont la foule des observateurs se contente ; souvent même elle ne l'est pas davantage par les baromètres plus précieux et plus chers dont les curieux ornent leur cabinet.

On possède un baromètre construit avec soin ; le mercure en est parfaitement pur ; il a bien bouilli ; le tube est purgé d'air et d'humidité autant qu'il peut l'être ; la justesse de l'échelle ne laisse rien à désirer : on croit avoir un très-bon baromètre. Il est bon jusque-là sans doute ; mais ce n'est pas assez, et la principale condition n'est pas remplie si l'on ne s'est point assuré qu'il est comparable. Quel est le diamètre intérieur de son tube ? comment a-t-on pourvu aux effets de la capillarité qui tend à retenir la colonne de mercure au-dessous du point qu'elle devrait atteindre ? est-il à siphon ? est-il à cuvette ? quelle précaution a-t-on prise pour s'assurer d'un niveau constant, d'un point de départ invariable ? Voilà quelques-unes des questions auxquelles il faut répondre avant que votre instrument inspire de la confiance.

Eh bien ! je le veux, toutes les conditions sont remplies ; votre baromètre soutient le mercure à sa hauteur absolue ; en un mot, il est comparable.

Maintenant, vos observations sont-elles également comparables? quelles règles vous êtes-vous faites? à quelle heure, par exemple, ou dans quelles circonstances observez-vous? tenez-vous compte de la température du mercure? vos thermomètres, vos hygromètres, comment sont-ils construits? où sont-ils placés? quel est votre système particulier pour la réduction des obsersvations à une expression moyenne? Voilà d'autres questions qu'on ne peut se dispenser de faire, et auxquelles beaucoup d'observateurs ne répondraient pas d'une manière bien satisfesante. Nous n'en avons pas moins une multitude de moyennes barométriques, sans que personne puisse nous dire au juste ce que sont ces moyennes.

C'est ainsi que cent années d'observations faites avec un dévouement et une persévérance admirables, et dont les résultats figurent, en attendant mieux, dans les livres de météorologie, sont réellement perdues pour la science, et ne fournissent que des documens illusoires au physicien qui interroge l'expérience de ses devanciers. Tâchons que ces pertes soient les dernières, et fournissons à nos successeurs des points de comparaison moins équivoques.

Choix des Instrumens.

Il serait à désirer, d'abord, que le baromètre à siphon employé et perfectionné par Deluc et Saussure, fût exclusivement adopté pour les observations sédentaires. Il a seul la propriété d'annuller, par compensation, les effets de la capillarité (*); et s'il est d'ailleurs bien construit, l'observateur qui n'est point à portée de comparer son instrument à d'autres, pourra se passer de cette comparaison et se croire d'accord avec tout ce qu'il y a d'observateurs exacts au monde.

Les baromètres à cuvette, au contraire, ne s'accordent jamais entre eux, parce que la colonne de mercure y éprouve une dépression occasionnée par la capillarité et qui varie comme le diamètre des tubes. On vérifiera donc son instrument sur un baromètre prototype, si l'on en trouve l'occasion, et l'on tiendra compte de la différence. Mais si on était privé de ce moyen de vérification, on y supplérait à l'aide de la table n° 9, C, que nous devons à M. de Laplace et que j'ai tirée de la connaissance des temps pour 1812. Elle donne les dépressions du mercure pour les différens diamètres des tubes. Quand donc on aura mesuré ce diamètre avec toute l'exactitude possible, on ajoutera aux hauteurs observées la quantité constante qui lui correspond.

Mais ce n'est pas tout; le baromètre à cuvette exige encore l'emploi d'un

(*) Voyez 3.e Mémoire, pag. 70.

moyen

moyen sûr pour ramener le niveau du bain de mercure au point de départ de l'échelle des divisions, point fixe dont ce niveau s'écarte sans cesse, soit par l'effet des ascensions et des abaissemens de la colonne, soit par l'effet moins apparent, mais très-réel, des changemens de température. On a tâché d'y pourvoir dans les baromètres de cabinet un peu soignés, en donnant à la cuvette un diamètre tel que les variations du niveau y devinssent à-peu-près insensibles. Ce moyen n'est pas suffisant quand il s'agit d'observations très-exactes. D'autres ont cru se procurer un niveau constant, au moyen de l'écoulement ou de l'émersion; ces artifices, diversement ménagés, caractérisent les baromètres construits dans le système de Brisson et de Magny. Le remède est pire que le mal, et comme je l'ai dit ailleurs (*), il n'y a pas d'instrumens plus infidèles. Enfin, on s'est arrêté à l'usage d'une vis de rappel, destinée à élever ou abaisser à volonté le niveau, d'après les indications ou d'un flotteur ou d'une aiguille. Le flotteur est plus commode, mais l'aiguille est plus juste; elle est adoptée dans les baromètres de Fortin, qui sont incontestablement les meilleurs baromètres à cuvette que l'on ait encore construits.

Je n'ai pas besoin de dire que l'échelle doit être divisée avec une exactitude rigoureuse; mais il n'est pas inutile d'insister sur la préférenee que mérite la division métrique, non seulement pour la facilité des calculs, mais encore pour la justesso des comparaisons. Nous savons ce qu'est un mètre beaucoup mieux que nous ne savons ce qu'est une toise. Celle-ci ne nous est réellement connue que par le rapport qu'on a établi entre elle et le mètre, rapport qui ne subsiste que pour un étalon unique; et comme les autres étalons de la toise, quoique exactement mesurés l'un sur l'autre, l'ont été généralement sans égard à la matière employée et à ses propriétés thermométriques et hygrométriques, il est fort douteux que ces étalons soient en tous lieux et en tout temps parfaitement semblables. Ce qu'il y a de certain, du moins, c'est que je n'ai jamais pu me procurer deux divisions en lignes qui ne différassent, plus ou moins, l'une de l'autre, et jamais une qui fût avec le mètre dans le rapport établi.

Dans les baromètres montés en bois, l'échelle des divisions est ordinairement tracée sur une plaque de métal que l'on attache à la monture. Ce procédé ne satisfait pas les personnes qui aspirent à une grande exactitude : le chaud, le froid, l'humidité, la sécheresse tourmentant le bois en tout sens, éloignent ou rapprochent diversement ce lambeau d'échelle du point fixe d'où partent ses divisions. Il faut que l'échelle soit entière et complette depuis le zéro jusqu'au dernier terme qu'atteignent les plus fortes ascensions du mer-

---

(*) Voyez ci-dessus 3e Mémoire, page 70.

cure, sauf à la subdiviser seulement dans la partie de sa longueur qui se rapporte aux observations que l'on se propose de faire. Je la suppose en cuivre, parce que c'est la matière le plus communément employée et celle dont nous connaissons le mieux la dilatation pyrométrique. Avec nne échelle ainsi construite, nous savons exactement à quoi se réduisent les variations de dimension qui résultent des variations de température. Elles sont régulières et fort petites, et l'on peut ordinairement les négliger; mais enfin nous les connaissons, et chacun est maître d'en tenir compte au besoin. L'avantage d'une échelle complette est un de ceux que nous offre le baromètre de Saussure, et celui de Fortin le partage.

Toute division doit être munie d'un vernier qui divise le millimètre ou la ligne en parties décimales, par exemple, la ligne en cinquantièmes, le millimètre en vingtièmes, ce qui fournit les quarantièmes de millimètres et les centièmes de lignes, et par estime des quantités encore moindres. Il n'en faut guère moins, car une lame de mercure d'un quarantième de millimètre d'épaisseur correspond à une couche d'air d'environ trois décimètres; mais aussi il n'en faut guère plus, car ce quarantième de millimètre est à-peu-près tout ce que le baromètre lui-même peut exprimer sans ambiguité. Il est superflu d'ajouter que la structure du vernier doit être telle que le rayon visuel demeure nécessairement perpendiculaire à l'axe de la colonne de mercure. Une loupe ordinaire de 12 à 15 centimètres de foyer suffit pour observer le contact du vernier et lire ses divisions.

Quelques physiciens, au reste, ne se sont point contentés de ce degré de justesse. Ils ont ajouté au vernier un microscope qui se promène avec lui, dirige l'œil, et fait discerner plus nettement le point de contact. Avec ce secours on est libre de pousser la division beaucoup plns loin, et rien n'empêche qu'on n'aille jusqu'aux centièmes et aux deux centièmes de millimètre. Le baromètre de Borda, placé dans la salle du nord de l'Observatoire, est muni de microscopes. Cette amélioration peut avoir ses avantages; et après m'être plaint tant de fois de l'imperfection des instrumens, à Dieu ne plaise que je dédaigne ce qui tend à l'excès même de la précision! Mais il me sera permis de consoler les personnes qui ne sauraient se procurer des baromètres aussi compliqués et aussi dispendieux, en leur avouant que cette extrême exactitude ne m'a jamais semblé nécessaire, et m'a quelquefois paru un peu illusoire; qu'elle outrepasse peut-être les facultés de l'instrument, et que les erreurs de celui-ci ne sont pas ordinairement confinées dans le petit espace dont le microscope mesure l'étendue. Nous jugeons très-bien, sans microscope, le contact du vernier à un quarantième de millimètre près; nous en apercevrions même la moitié, si cela était nécessaire; mais l'adhérence opiniâtre du mercure aux parois du tube suffit déjà pour dérober ce quarantième à l'exac-

titude de l'observation ; mais dans les temps les plus calmes, la colonne de mercure n'est pas toujours d'une immobilité parfaite : pour peu qu'on y arrête ses regards, on la voit osciller très-sensiblement, au gré de petites fluctuations atmosphériques qui n'ont pas d'autre signe perceptible, et souvent ces oscillations excèdent de beaucoup notre quarantième de millimètre ; mais l'approche de l'observateur et le maniement de l'instrument communiquent à quelques-unes de ses parties une chaleur qui n'a pas le temps de se distribuer également dans les autres, et l'erreur qui en résulte est bien médiocre, si elle n'équivaut pas encore à ce même quarantième. Les subdivisions presqu'imperceptibles d'une dimension déjà si petite paroissent donc être moins la part de l'exactitude que celle des accidens, et une pareille précision a bien l'air de figurer dans les chiffres plutôt que dans les ressources véritables dn baromètre.

Il semble qu'on aurait dû s'occuper des améliorations dans l'ordre de leur importance ; et nul de ceux qui ont employé le baromètre avec réflexion n'ignore que de toutes les erreurs imputables à l'instrument, les plus fréquentes et les plus considérables sont celles qui dérivent d'une indication fautive de la chaleur du mercure ; or il ne s'agit pas ici de quelque mince fraction des dernières divisions visibles : un degré du thermomètre centigrade représente dans l'échelle barométrique plus que des dixièmes de millimètres, et dans le nivellement rien moins que des mètres tout entiers. Quand on cherche au bout de la colonne de mercure la mesure d'intervalles microscopiques, il faudrait ne pas oublier qu'à l'autre bout, une méprise légère et souvent inévitable peut faire perdre à l'exactitude de l'observation le décuple de ce qu'elle gagne à la justesse du vernier.

Le plus grand service à rendre maintenant au baromètre, l'amélioration qui ferait le plus d'honneur aux artistes, consisterait à trouver le moyen d'unir le thermomètre de correction à la colonne de mercure, d'une manière tellement immédiate et intime, que les indications de celui-là fussent en tout temps et partout l'exacte mesure do la température de celle-ci.

Les précautions se bornent, quant à présent, à enchâsser la boule du thermomètre dans la monture du baromètre, de telle sorte que les variations de la température extérieure puissent être censées ne l'affecter que par l'entremise de cette monture. Ceci ne dispense pas l'observateur d'avoir l'œil à tout ce qui pourrait troubler l'accord des deux instrumens associés. Les changemens rapides de température doivent surtout lui être suspects ; car le thermomètre de correction les marque toujours avant que la masse entière de l'instrument les partage ; et il n'y a rien de mieux à faire que de mettre, quand on peut, le baromètre à l'abri de ces changemens. Cela n'est pas aisé à l'air libre ; mais on y parvient plus facilement dans les lieux clos où se font les observations sédentaires.

Le baromètre dont on se servira sera donc muni d'un bon thermomètre,

bien adapté à sa monture, et l'on ne manquera jamais de joindre l'indication de sa température à celle des hauteurs barométriques. Les meilleurs tableaux météorologiques perdent tout leur prix du moment où l'on y a négligé une indication aussi essentielle; car on ne sauroit comparer, à deux ou trois millimètres près, les observations de l'hiver aux observations de l'été, et celles d'un climat à celles d'un climat différent. Il est inconcevable qu'une chose aussi évidente ait besoin d'être répétée, et que la routine prévale encore, même dans des observatoires, sur une règle conforme à la théorie, justifiée par l'expérience, prescrite formellement depuis un demi-siècle, et reçue d'un consentement unanime par tout ce qu'il y a d'observateurs exacts.

L'étendue des corrections que les hauteurs barométriques subissent à raison des variations de la température de l'instrument, avertit assez qu'il n'y faut employer que d'excellens thermomètres. Il en faut d'excellens aussi pour constater la température de l'air, puisque les observations de ce genre n'ont de valeur qu'autant qu'elles sont exactes et comparables. En cela, comme en bien d'autres choses, le médiocre est l'équivalent du pire. Mais des thermomètres parfaitement sûrs sont peut-être, dans un assortiment météorologique, ce qu'il y a de plus difficile à se procurer.

Quand on ne les construit pas soi-même, on ne saurait s'adresser à de trop bons artistes, et encore est-il prudent de ne pas recevoir leurs thermomètres sans examen. Quelquefois les termes fixes ont été inexactement déterminés. S'ils sont justes, souvent le tube est mal calibré, et des degrés égaux ne correspondent pas à des dilatations égales. On rencontre des thermomètres de construction anglaise où cette défectuosité du tube est corrigée jusqu'à un certain point, par l'inégalité des degrés. Il ne faut pas se fier à ces compensations que l'on se procure ordinairement par un moyen très-défectueux, savoir la comparaison de la marche du petit thermomètre portatif avec celle d'un grand thermomètre étalon; il est trop difficile, en effet, de se rendre maître de la température, au point d'avoir la certitude qu'elle est à la fois la même dans deux thermomètres de volume très-inégal, qui la reçoivent et la perdent dans des temps très-différens. L'artiste jaloux de faire un bon instrument, ne manquera jamais de vérifier le calibre de ses tubes par les moyens connus, et de rejeter absolument tous ceux qui ne soutiendront pas l'épreuve. Mais ces mêmes comparaisons, qui ne doivent point servir à construire les thermomètres, peuvent être employées à les essayer, au moins approximativement, quand elles se font sur des instrumens où se rencontrent égalité de volume et conformité de structure. Voici comme je procède. Je réunis deux à deux, trois à trois, les thermomètres les plus semblables en figure et en dimensions, et je les amène ensemble au terme de l'ébullition, dans un vase d'eau, posé sur un réchaud. On sait que ce terme n'est fixe qu'eu égard à une certaine pression de l'atmosphère; et pour n'avoir

pas de réduction à opérer, il convient de faire l'expérience sous la pression normale, c'est-à-dire le baromètre étant à 76 centimètres environ. Cette première épreuve décèle sans faute les petites bulles d'air souvent imperceptibles qui interrompent, en tout ou en partie, la continuité du filet de mercure. La chaleur les dilate, et l'on est tout de suite averti de leur existence par la promptitude avec laquelle le mercure dépasse le terme de l'ébullition. Ces bulles, lorsqu'elles ne sont point apparentes, se cachent ordinairement vers le collet de la boule, et c'est un défaut commun dans les thermomètres dont le tube est étranglé en cette partie. Il faut les rejeter, car le mal est irrémédiable.

Le terme de l'ébullition vérifié, j'abandonne l'appareil à un refroidissement bien ménagé, et je suis de l'œil la marche de mes thermomètres. Cette épreuve serait très-défectueuse, si les boules avaient des capacités fort différentes, ou si la chaleur diminuait avec trop de rapidité; elle est d'une justesse très-suffisante avec les précautions que je conseille. J'arrive enfin au terme de la congélation, celui des deux termes fixes dont la position influe le plus sur la partie de la division qui intéresse les observations météorologiques. On comprend aisément que deux thermomètres peuvent être réputés parfaitement calibrés, lorsqu'ils ont subi cette épreuve sans se démentir l'un l'autre.

Il n'est sans doute pas nécessaire d'avertir que les thermomètres de mercure sont les seuls dont on fasse maintenant usage, et que dans ceux qui sont destinés à prendre la température de l'air, la boule doit être entièrement en dehors de la monture. Du reste, on les choisira plutôt petits que grands; ils en sont plus sensibles et d'un maniement plus facile. Il suffit que les degrés aient assez d'étendue pour être divisibles par estime en dixièmes. Une précision plus grande serait absolument superflue; car la température de l'air est rarement assez constante pour que l'incertitude de l'observation n'excède pas de beaucoup un dixième de degré.

J'emploie habituellement les thermomètres de Fortin, montés sur verre, et parfaitement divisés. Mossy m'en a fourni aussi d'excellens; mais, dans les uns et les autres, il faut toujours choisir.

L'hygromètre n'est quant à présent d'aucune utilité pour les mesures des hauteurs, et il n'y a guère d'apparence qu'il s'y introduise, non seulement parce que la correction serait très-petite, mais encore parce qu'elle serait très-incertaine, vu l'ignorance où nous sommes de la loi que suit le décroissement de l'humidité dans la colonne d'air, et vu l'extrême difficulté, si ce n'est l'impossibilité, de démêler cette loi dans le résultat d'expériences toujours faites à terre, c'est-à-dire à la source même des influences qui modifient partiellement et irrégulièrement l'humidité de l'atmosphère. Saussure le pensait ainsi, et nous en pensons de même. La part de l'humidité moyenne, comprise dans la valeur du coefficient constant et du facteur de la température, occasionnera

encore moins d'erreurs que ne ferait une théorie mal secondée par l'observation; et ces erreurs, après tout, sont de si mince conséquence, qu'elles ne valent pas la peine d'un calcul qui ne ferait qu'en varier les chances, si même il ne les multipliait pas.

Mais l'hygromètre n'en est pas moins d'un grand secours dans la météorologie, et fait partie des instrumens que l'observateur doit nécessairement consulter pour juger plus sainement de l'état de l'atmosphère. L'opinion des physiciens est restée quelque temps indécise entre les deux seuls hygromètres comparables : celui de Saussure a prévalu. C'est le plus sensible des deux, et sa marche nous est parfaitement connue. On se procurera donc l'hygromètre à cheveu, construit exactement suivant les principes de l'auteur. Les changemens qu'on avait essayé d'y faire n'ont pas été heureux, et c'est dommage, car ils augmentaient sa solidité. Je regrette surtout le ressort en spirale qui remplaçait le poids dans l'hygromètre de Richer. Mais j'ai reconnu qu'il n'agissait pas dans le sens de la sécheresse comme dans le sens de l'humidité (*). Il faut y renoncer et s'en tenir à l'instrument originaire, tel qu'on l'a construit depuis long-temps à Genève, et tel qu'on le construit à Paris chez Fortin. Mais quelque confiance que méritent les artistes, il est toujours bon de vérifier les deux termes de la sécheresse absolue et de l'humidité extrême, par les moyens que Saussure indique dans ses essais sur l'hygrométrie.

Placement des Instrumens, et manière d'observer.

Le baromètre doit être dans une position parfaitement verticale. S'il n'est pas construit de manière à la prendre de lui-même, il faut la lui donner et l'y maintenir invariablement.

Il convient de le tenir dans une pièce close, dont la température varie peu ou change du moins très-lentement. On en sera d'autant plus sûr que le thermomètre de correction exprime fidèlement la chaleur de l'instrument. Pour profiter de cet accord, il est à propos de noter l'indication de ce thermomètre avant d'observer l'élévation de la colonne de mercure, parce que l'approche de l'observateur peut modifier la température superficielle et agir sur le thermomètre, sans que la variation ait le temps de se propager jusqu'au tube du baromètre, qui résiste à la communication par son enveloppe et par son volume.

En général l'aspect du nord ou du levant est préférable à celui du couchant et du sud. Les vents impétueux qui soufflent de ces dernières régions, occasionnent, en heurtant les murailles, des compressions auxquelles le mercure du baromètre répond par des oscillations souvent très-considérables et toujours

(*) Voyez ci-dessus, 2e Mémoire, pag. 66.

très-incommodes ; mais il en arrive autant si des murs ou des toits opposés à la station du baromètre, viennent à réfléchir ou tourmenter en divers sens les courans d'air dont ils sont frappés ; et j'ai vu, dans de pareilles positions, la colonne de mercure non seulement livrée à des balancemens qui rendaient l'observation impossible, mais se soutenant durant des heures entières au-dessus ou au-dessous du point où elle revenait dans les instans de calme. On se comportera suivant les localités : tout se réduit à choisir pour le baromètre la pièce où la tourmente se fait le moins sentir.

Tout le monde sait que dans un baromètre qui est parfaitement en repos, le mercure résiste à monter et descendre par un effet de son adhérence aux parois du tube. Cette résistance est d'autant plus grande que le tube est mieux purgé d'air et d'humidité ; elle est presque insurmontable lorsque l'ébullition a été trop prolongée. On amène le mercure à son véritable point, en frappant l'instrument à petits coups répétés, de manière à vaincre peu à peu le frottement, mais avec assez de mesure pour ne pas imprimer des oscillations, dont l'effet serait d'arrêter de nouveau le mercure au-dessus ou au-dessous de sa hauteur véritable.

Quant au thermomètre, il veut être à l'air libre, mais ne doit jamais être au soleil. Sous ce dernier rapport, l'exposition du nord est la seule qui lui convienne ; mais il faut encore qu'il soit hors de l'atteinte de la chaleur réfléchie par le sol, par des murs, par des toits opposés. Dans nos maisons on ne saurait le placer trop haut : il n'est bien qu'aux étages supérieurs, et l'on n'aura garde de l'appliquer sur un carreau de vître, un volet, un montant de fenêtre. L'air doit circuler librement à l'entour. Je le suspens à un crochet dont la tige a une couple de décimètres de long. Un anneau placé au bout d'une autre tige de même longueur, embrasse l'instrument dans sa partie inférieure, et l'affermit contre les coups de vent. Je fixe ce petit appareil en dehors d'une croisée et sur l'encadrement même de l'un de ses carreaux, de manière à pouvoir observer commodément le thermomètre, sans avoir jamais besoin d'ouvrir la croisée.

Mais en le livrant ainsi à la libre circulation de l'air, il faut songer aussi à le défendre du contact immédiat de la neige, du grésil, de la pluie. Aussitôt qu'il en est frappé, ce n'est plus la température de l'air, c'est celle du météore qu'il indique. L'objet est rempli si le toit a une saillie suffisante. J'aimerais pourtant mieux un petit auvent mobile placé à une hauteur convenable, et qu'on abaisserait dans les circonstances seulement où il serait nécessaire. Hors les cas indiqués, un abri quelconque est plus nuisible qu'utile. Dans ces nuits d'hiver, par exemple, où le calme de l'atmosphère, la sérénité du ciel, le scintillement des étoiles, annoncent une âpre gelée, le thermomètre n'accusera pas toute l'intensité du froid, si un abri s'entrepose entre lui

et les particules de l'air qui, après s'être condensées dans la moyenne région, tombent verticalement sur la terre en pluie invisible. Il faut le découvrir par la même raison que l'on couvre d'un pet t avant-toit l'espalier que l'on veut préserver de la gelée.

Une fois que le thermomètre est bien placé, l'observation n'a en elle-même rien de difficile. La seule attention qu'elle exige, est celle de tenir l'œil exactement au niveau du point observé; car si on l'élève ou l'abaisse, si le rayon visuel s'écarte de la ligne perpendiculaire à l'axe de l'instrument, la superficie du mercure correspondra successivement à différentes divisions de l'échelle. Elle paraîtra plus bas si l'on regarde d'en haut; plus haut si l'on regarde d'en bas, et l'erreur sera proportionnelle à l'ouverture de l'angle que le rayon visuel fait avec la perpendiculaire. Cet angle est ce qu'on nomme la parallaxe. On l'annulle dans le baromètre au moyen de l'anneau qui dirige le regard. Ce moyen ne saurait être appliqué au thermomètre qu'il faut observer de loin et ne manier jamais. L'attention y supplée et se transforme bientôt en habitude.

Il est d'ailleurs fort inutile d'avoir recours à des précautions plus sévères. La température de l'air a souvent tant d'inconstance, elle éprouve toujours tant d'altérations dans les lieux où nous sommes réduits à l'observer, que ce serait une prétention bien vaine, de chercher dans l'instrument une justesse dont l'observation elle-même n'est pas susceptible. L'incertitude est dans la chose, non dans le signe. Vous venez de regarder votre thermomètre, et vous avez noté son indication. Regardez-le de nouveau : il a varié. Regardez encore : il monte, il baisse, et pour peu que ces variations aient d'étendue, ce qui était d'abord certain devient bientôt problématique; vous ne savez plus au juste que penser de la température de l'air. Il y a des cas, au reste, où le choix est indiqué, soit par la nature du lieu où l'on observe, soit par celle des circonstances qui agissent manifestement sur le thermomètre. S'il monte durant de courtes apparitions du soleil, on pourra en accuser la réverbération; s'il descend durant des bouffées de brouillard, c'est la température du météore qui opère le changement; mais souvent aussi la variation tient à des causes plus générales, à la lutte, par exemple, entre des courans d'air de chaleur différente. Il faut se décider pourtant, et ce n'est pas se décider que s'en remettre à la décision du hasard, comme on fait sans le savoir, en suivant la méthode usitée. Point d'embarras dans cette méthode : l'inspection du thermomètre n'a pour sa part qu'un instant préfix et indivisible. L'heure sonne; on regarde et l'on écrit. Être exact de cette façon, est un moyen infaillible de ne l'être guère. On le sera davantage et beaucoup plus réellement, en prolongeant de quelques minutes l'espace de temps consacré à l'observation, pour juger la marche de l'instrument, rechercher la cause de ses caprices, et, en cas d'incertitude, prendre un milieu entre les variations extrêmes.

L'hygromètre

L'hygromètre doit être traité comme le thermomètre, exposé de même au grand air, puisque c'est l'humidité de l'air qu'il s'agit de mesurer; préservé également des rayons du soleil, parce qu'ils dessèchent le cheveu et font rétrograder l'aiguille; défendu aussi du contact de la pluie, parce que le cheveu mouillé passe à l'humidité extrême, quand c'est une règle constante que la pluie seule n'humecte jamais l'air à ce degré, à moins qu'elle ne soit accompagnée de brouillard.

Ce qu'il y a de plus commode et de plus expédient, est de placer l'hygromètre à côté du thermomètre, d'autant plus que les observations hygrométriques exigent une correction pour la température, et que le thermomètre dont il est voisin, dispense d'en attacher un à sa monture.

Il faut expliquer ici cette correction dont nous n'avons point encore parlé, et sur laquelle nous n'aurions plus occasion de revenir.

L'air atmosphérique est toujours mélangé de vapeur aqueuse, mais il n'agit point sur l'hygromètre par la totalité de celle qu'il contient. Il faut considérer l'air et le cheveu comme ayant chacun de l'affinité pour la vapeur, et se la partageant entr'eux dans des proportions différentes. La portion d'humidité que l'air cède au cheveu, constitue l'humidité *sensible;* c'est celle dont l'hygromètre nous donne directement la mesure; la portion que l'air retient dans un état de combinaison intime, n'a aucune action sur le cheveu, et pourrait être appelée l'humidité *latente*. Or, le rapport de l'une à l'autre ne saurait s'établir d'après les seules indications de l'hygromètre, parce que ce rapport n'a rien de constant et varie avec la température. La chaleur, en effet, augmente la tendance de l'air à dissoudre la vapeur aqueuse; le froid la diminue. En supposant la quantité de vapeur constante, l'air, qui en dissout d'autant plus qu'il s'échauffe davantage, en cède d'autant moins à l'hygromètre, et l'on voit celui-ci marcher au sec à mesure que la température s'élève; le contraire a lieu si l'air se refroidit, la quantité de vapeur étant toujours supposée la même.

On aura vu plusieurs fois l'hygromètre au même degré, par exemple, au terme de l'humidité extrême. Si l'on en conclut que dans ces différentes circonstances l'humidité sensible a été la même, la conclusion sera juste; elle ne le sera pas, si l'on en infère que l'air contenait des quantités égales de vapeur aqueuse. C'est au thermomètre qu'il appartient d'en décider. De là l'indispensable nécessité d'associer les deux instrumens, et de tenir compte de la température dans les observations hygrométriques destinées à devenir comparables entre elles.

Mais il faut une base à ces comparaisons. On comprend bien déjà que les températures étant égales, les quantités de vapeur aqueuse indiquées par les mêmes degrés de l'hygromètre sont égales. On comprend aussi que ces quantités

différaient, lorsque les températures étaient différentes, et enfin qu'il y avait plus d'humidité latente dans le moment où la même humidité sensible était accompagnée d'une plus haute température. Mais ce n'est pas assez, et pour comparer les observations, il faut un point fixe, il faut connaître le rapport qui existe, soit entre les quantités de vapeur indiquées par le même degré d'humidité à des températures différentes, soit par des degrés différens d'humidité à une seule et même température.

Ces questions ne pouvaient être résolues que par des expériences directes. Saussure les a faites avec une sagacité et une patience admirables. J'ai extrait de son ouvrage les tables qui se rapportent à notre objet, et je les ai un peu étendues en même temps que réduites au système décimal. Elles forment les nos 5, 6 et 7 des tables qui se trouvent à la fin de ce volume.

La première donne en degrés et fractions décimales de degré la variation de l'hygromètre pour un degré de variation dans le thermomètre centigrade; c'est-à-dire, elle indique l'étendue des mouvemens que ferait l'aiguille de l'hygromètre, dans le cas où la température s'élèverait ou s'abaisserait d'un degré, sans qu'il fût d'ailleurs survenu aucun changement dans la quantité de vapeur aqueuse. On y voit que la variation hygrométrique n'a rien d'uniforme. Elle augmente et diminue suivant une loi capricieuse, et qui paraît étrangère à la progression de l'humidité sensible. Au 40e degré de l'hygromètre, la variation se borne aux trois quarts d'une division. Au 95e, l'aiguille avance ou recule de deux degrés et demi; entre le 99e et le 100e, le mouvement n'est plus que d'un degré.

Cette table commence au 25e degré de l'hygromètre; c'est beaucoup plus qu'il ne faut, car jamais, à l'air libre, Saussure n'a vu la sécheresse outre-passer le 40e degré. Et quoique l'air des Pyrénées soit quelquefois très-sec, je n'ai aucune observation bien sûre au-dessous du trente-neuvième.

La seconde table (no 6) commence de même au 25e degré; elle indique, à côté de chaque degré de l'hygromètre, la quantité dont le thermomètre centigrade devrait baisser pour faire passer l'aiguille de ce point à celui de la saturation ou au centième degré, l'humidité intrinsèque de l'air étant toujours supposée n'avoir éprouvé aucun changement. Si l'hygromètre, par exemple, marque 60°, l'aiguille serait amenée à 100 par un refroidissement qui ferait varier le thermomètre centigrade de 23°.16. Il ne faudrait qu'un refroidissement de 10°.06, si l'aiguille était à 80.25, et de 2°.10, si elle était à 97 et demi.

La troisième table (no 7) va bien plus directement au but. Elle donne en grammes le poids de la vapeur aqueuse contenue dans un mètre cube d'air, à différentes températures et pour différens degrés de l'hygromètre, le baromètre étant supposé à 27 pouces, ou 730m.89; et dans l'appendice de cette

table on trouve des nombres décimaux, correspondans à diverses hauteurs du baromètre, et qui servent de facteurs pour réduire les poids indiqués par la table, à ce qu'ils seraient dans un air plus raréfié; car la capacité de l'air à dissoudre la vapeur aqueuse diminue avec la pression, et il en contient moins au haut d'une montagne qu'à sa base, en supposant l'hygromètre et le thermomètre au même point.

On concevra l'usage d'une pareille table au moyen d'un exemple. J'ai observé l'hygromètre à 98, le thermomètre étant à —12°.5 centigrade, ou —10°. Réaumur. Le poids de la vapeur aqueuse que renfermait un mètre cube d'air, était donc de 6 grammes et une petite fraction. J'ai observé une autre fois l'hygromètre à 40, le thermomètre étant à +25 Réaumur, ou 31°.25 du thermomètre centigrade; le poids de la vapeur aqueuse était encore 6 grammes et une petite fraction. Donc les degrés 40 et 98, observés dans ces deux circonstances, et sous la pression de 27 pouces de mercure, exprimaient la même quantité d'humidité réelle, quoique l'humidité sensible fût très-forte dans un cas et très-faible dans l'autre.

Je suppose maintenant que j'ai observé l'hygromètre au 70° degré, le thermomètre étant à —5 Réaumur, ou —6.25 centigrade; mais j'observais au sommet d'une montagne où le baromètre marquait environ 16 pouces 10 lignes, ou à-peu-près 45°.6 de la division métrique. Le poids de la vapeur aqueuse contenue dans un mètre cube d'air ne sera plus 4.259, mais 4.259×0.826=3.518, c'est-à-dire celui qui serait indiqué par le 64° degré de l'hygromètre, si l'observation avait été faite au bas de la montagne avec le concours de la même température; d'où l'on voit que, toutes choses égales d'ailleurs, les mêmes degrés de l'hygromètre annoncent d'autant moins d'humidité réelle qu'on s'élève davantage au-dessus du niveau des plaines.

Si une pareille table était complète, si elle contenait une à une toutes les divisions de l'échelle hygrométrique, thermométrique et barométrique; si tous les poids de la vapeur aqueuse, correspondans à ces divisions, étaient déterminés par des expériences directes ou conclus d'après des analogies reconnues suffisantes, il serait inutile, sans doute, de recourir à d'autres tables, car celle-ci renfermerait l'hygrométrie toute entière. Mais Saussure lui-même la donne comme une ébauche très-imparfaite; l'expérience n'a fourni immédiatement qu'une petite partie des nombres qu'elle renferme : les autres sont déduits des observations par des voies plus ou moins indirectes. Ce sont des approximations destinées à jeter quelque jour sur la marche de l'hygromètre, et à marquer aux physiciens la route qu'ils doivent suivre pour perfectionner la science.

Il faut donc en revenir aux deux premières tables (n°s 5 et 6). Elles ne nous disent rien, il est vrai, sur les quantités absolues de vapeur aqueuse

qui correspondent à tels ou tels degrés de l'hygromètre et du thermomètre, mais elles en déterminent les quantités relatives, au moyen des comparaisons dont elles contiennent les bases. Ces comparaisons sont d'un fréquent usage; car il est souvent utile de savoir au juste si l'humidité a réellement augmenté ou diminué pendant que l'hygromètre marchait au sec ou à l'humide, et il est toujours nécessaire de ramener les observations hygrométriques à un terme commun, quand on veut comparer celles qui ont été faites dans des temps ou des lieux différens.

La première table (n° 5) peut servir à cet usage. J'ai fait une observation le matin : l'hygromètre était à 77, et le thermomètre centigrade à +9°. J'en ai fait une autre à midi, l'hygromètre avait rétrogradé vers le sec et marquait 72, le thermomètre étant à +12°. L'humidité sensible a diminué, mais l'air contient-il moins de vapeur aqueuse? Je consulte la table, et je vois que l'hygromètre étant à 72, un changement de température exprimé par un degré du thermomètre centigrade fait varier l'aiguille de 1.61 : donc si le thermomètre avait passé de 12° à 11°, l'humidité sensible aurait augmenté de cette quantité, et l'aiguille aurait marqué 73.61. Arrivée à ce point, un autre refroidissement d'un degré aurait encore fait avancer l'aiguille de 1.66 ou environ; ainsi, le thermomètre ayant passé à 10°, l'hygromètre marquerait 75.27. Ici la variation correspondante à un degré de refroidissement, est 1.73 (en prenant le terme moyen entre les quantités qui correspondent à 75.00 et 75.50). Donc l'hygromètre arriverait de nouveau à 77 degrés, le thermomètre revenant à 9° : d'où il résulte que la quantité de vapeur aqueuse contenue dans l'air n'a éprouvé aucun changement. Les deux observations, ramenées à la même température, sont identiques.

Ce procédé est sûr, mais il est long, et la table suivante (n° 6) fournit un moyen beaucoup plus expéditif. J'ai observé l'hygromètre à midi, durant le mois de mai tout entier. J'ai pris un terme moyen entre mes observations, et je trouve que l'humidité de ce mois est exprimée par le 76e degré de mon instrument. La moyenne température pour la même heure a été 17°.7 du thermomètre centigrade. J'ai fait la même opération pour le mois de décembre (*). La moyenne hygrométrique de midi a été 81°, et la moyenne thermométrique 5°.9. Je vois bien quel est le mois où il y a eu le plus d'humidité sensible, mais il s'agit de voir quel est celui où l'air contenait le plus de vapeur aqueuse. La question se réduit à examiner de combien l'aiguille de l'hygromètre aurait rétrogradé vers le sec au mois de décembre, si la température avait passé de 5°.9 à 17°.7, ou de combien elle aurait avancé vers le terme

(*) Voyez les deux premiers tableaux météorologiques, placés à la fin de ce volume.

de la saturation au mois de mai, si le thermomètre était descendu de 17°.7 à 5°.9. Voici comme je raisonne : La table m'apprend que l'hygromètre étant à 76, un refroidissement égal à 12°.38 amènerait l'aiguille au terme de l'humidité extrême. Or de 17°.7 à 5°.9 il y a 11.8 de différence. Si donc le thermomètre était descendu à 5°.9, il faudrait 11°.8 de moins pour amener l'aiguille à ce terme. Je soustrais 11.8 de 12.38, le reste est 0.58 ; par conséquent l'hygromètre du mois de mai étant réduit à la température de celui de décembre, doit marquer le degré où un refroidissement de 0°.58 suffit pour amener l'humidité extrême. Je cherche dans la seconde colonne de la table, et le nombre le plus voisin qui est 0.47, se trouvant vis-à-vis de 99.50, j'en conclus que c'est-là le degré qu'aurait indiqué l'hygromètre à la température de 5°.9.

Je procéderais de la manière opposée si je voulais réduire la moyenne hygrométrique du mois de décembre à la température de celle de juin. Au mois de décembre l'hygromètre marquait 81°, et la table me dit qu'il ne fallait qu'un refroidissement de 9°.68 pour l'amener à l'humidité extrême. La température moyenne de mai était plus haute de 11°.8 que celle de décembre, donc il aurait fallu 11°.8 de plus pour opérer le même effet. Je cherche dans la table le nombre 21.48, somme des deux précédens. Il répond à 62.25 ; c'est-là le degré que l'hygromètre aurait indiqué en décembre à une température égale à celle du mois de mai.

En récapitulant les deux opérations, nous trouvons à la température 17.7, pour l'humidité de mai 76, et pour celle de décembre 62.25 ; et à la température 5°.9, pour juin 99.5, pour décembre 81. L'humidité du mois de mai était donc réellement beaucoup plus forte, et si nous voulons avoir une évaluation de la différence de l'humidité réelle, nous consultons la table 7, elle nous apprend que l'air devait contenir en juin environ 11 grammes de vapeur aqueuse par mètre cube, et seulement huit en décembre.

Quand on entreprend une suite d'observations météorologiques, il convient de choisir une température fixe, à laquelle on réduit uniformément les moyennes hygrométriques de chaque mois ; de cette manière toutes les comparaisons sont préparées d'avance, et l'on voit d'un coup d'œil la marche de l'humidité durant les années entières. Les tableaux météorologiques qui terminent ce volume, présentent l'application de cette méthode. On y voit que l'humidité de midi étant ramenée pour les mois de mai et de décembre à la température uniforme de 12°.5, se trouve alors exprimée par les degrés 86.2 et 69.7 de l'hygromètre.

Système des observations.

Une observation isolée, si elle est exacte, une suite d'observations, si elle

est régulière, constatent toujours un fait et peuvent avoir leur utilité, quand même elles n'auraient qu'un intérêt de circonstance, et ne se rattacheraient à aucun des systèmes d'expériences imaginés pour l'avancement de la météorologie. Mais la science n'y gagne ordinairement pas grand'chose, et quoique beaucoup de gens consultent le baromètre, tantôt à propos d'une éclipse, tantôt à l'occasion d'un tremblement de terre, quelquefois dans un lieu remarquable ou durant une saison extraordinaire, et plus souvent pour savoir si l'on aura de la pluie ou du beau temps, cependant c'est uniquement à la persévérance de ceux dont le zèle est dirigé et soutenu par un plan médité d'avance, que nous devons tous les corps d'observations où nous puisons des documens utiles.

On peut, sans doute, observer dans différentes vues, car chaque phénomène météorologique deviendra, si l'on veut, un objet particulier de recherches et le sujet d'expériences spéciales. Mais dans le nombre des considérations déterminantes, quelques-unes ont plus d'importance parce qu'elles ont plus de généralité, et il est naturel qu'on s'attache de préférence à constater les faits principaux qui sont les plus féconds en applications subsidiaires.

Ainsi, presque tous les physiciens se sont accordés à regarder la détermination des moyennes pressions de l'atmosphère comme une des fins principales qu'ils devaient se proposer dans l'observation des variations barométriques; et certainement, ce travail entrepris depuis long-temps et à la fois sur tous les points du monde civilisé, aurait déjà produit de très-importans résultats, si le système des opérations avait toujours été bien médité, et si partout on avait opéré avec les précautions requises.

Mais l'époque des moyennes barométriques n'étoit point encore venue, aussi long-temps que l'on a confondu la pesanteur de la colonne d'air avec sa pression, et ignoré ce que les différentes heures du jour apportent de changemens au rapport qui existe entre l'une et l'autre. Quand on regardait du même œil ces différentes heures, quand on voyait dans les variations du baromètre ce qu'il y a d'accidentel, sans démêler ce qu'il y a de régulier, le choix était indifférent, et le plan d'observation arbitraire; on prenait où l'on voulait les ascensions et les abaissemens du mercure, et de ces élémens, tous diversement affectés d'une quantité hétérogène qu'on ne soupçonnait pas, on tirait des moyennes où la compensation des accidens ne pouvait manquer d'être incomplète, puisque le plus habituel de ces accidens était précisément celui qu'on ne songeait pas à compenser.

Les meilleurs observateurs ont fait ces fautes : elles étaient inévitables. Mais une faute qu'on pouvait toujours éviter, et que l'on commet encore dans un grand nombre de tableaux météorologiques, consiste à prendre pour moyenne des observations, un juste milieu entre les ascensions et les abaissemens extrê-

mes, observés dans le cours du mois ou de l'année. Que l'on tienne note de ces accidens, à l'instant quelconque où le hasard les produit; rien de mieux: c'est un fait servant à l'histoire de la météorologie. Mais la moyenne hauteur du baromètre n'est point du tout à une distance égale de ces extrêmes; car il n'y a pas égalité de chances entre les événemens qui décident successivement de l'élévation et de l'abaissement du mercure. Dans une opération de cette espèce, négliger la répétition des cas est manquer aux premières règles du calcul des probabilités. Pour procéder régulièrement, il faut absolument prendre la peine d'additionner toutes les hauteurs barométriques, et diviser la somme par le nombre des observations. Le quotient de la division est la moyenne que l'on cherche. C'est un point de partage, à la fixation duquel les ascensions et les abaissemens du mercure concourent en raison composée de leur fréquence et de leur étendue. Loin qu'il y ait quelque probabilité de le rencontrer à une égale distance entre les extrêmes de la variation, il y a certitude qu'on le trouvera toujours plus près de la limite supérieure que de la limite inférieure; et si l'on ne connaissait que ces limites, si l'on n'avait conservé d'une longue suite d'observations, que le maximum et le minimum du baromètre, on rencontrerait la moyenne, presqu'à coup sûr, en dépassant le milieu entre les deux extrêmes, d'une quantité égale au dixième de l'intervalle qui les sépare.

Là, doit se placer le *variable*, qu'on a coutume d'inscrire sur les instrumens ordinaires, pour servir de base aux présages météorologiques; c'est le terme fixe à l'égard duquel le mercure est réputé haut ou bas, le point de départ de ses oscillations, le zéro de leur échelle; c'est la juste mesure de la pression atmosphérique, abstraction faite de ses variations accidentelles; c'est le sûr indice de l'élévation du lieu au-dessus du niveau de la mer: une moyenne barométrique, lorsque ses élémens sont judicieusement choisis, a de trop nombreuses et de trop belles propriétés, pour que sa détermination ne mérite pas une attention toute particulière.

Nous sommes maintenant en état de procéder avec plus de discernement et d'exactitude que nos devanciers, et nous devons cet avantage à une connaissance plus approfondie de la nature des variations barométriques. Le mercure, en effet, a deux espèces d'oscillations, essentiellement distinctes, quoique souvent confondues par l'effet du trouble de l'atmosphère. Les unes sont périodiques et régulières, les autres sont accidentelles et désordonnées. L'idée d'une moyenne barométrique emporte nécessairement celle de la compensation complète des unes et des autres.

S'il n'y avait que les variations périodiques, le procédé serait aussi expéditif que simple. On aurait bientôt constaté l'étendue des périodes et les époques de leur retour. Il ne s'agirait plus que d'observer pendant quelques jours le baromètre, à l'heure critique de chacune des périodes, et de prendre un moyen

terme entre les diverses hauteurs du mercure. Ce cas se présente entre les tropiques. Les variations accidentelles y sont à-peu-près nulles, et les variations périodiques très-évidentes et très-régulières. Le baromètre est à son plus haut point, le matin à neuf heures, et le soir à onze heures; il est au plus bas à quatre heures après-midi, et à quatre heures et demie après minuit. Cette marche est constante; elle se répète uniformément tous les jours; la succession des saisons n'y apporte aucun changement; les élémens de la moyenne sont donc simples, distincts et purs de tout alliage, et M. de Humboldt, qui a fondé le système de ses observations sur le phénomène de la variation diurne, nous a donné une moyenne barométrique exempte de tout équivoque.

Dans nos régions tempérées, c'est autre chose. La fréquence et l'étendue des variations accidentelles, troublent et déguisent la variation diurne. Elle existe pourtant, et des yeux attentifs l'ont bientôt démêlée : il faut donc en tenir compte; et quand il est question de déterminer la moyenne pression de l'atmosphère, il n'est pas plus permis de négliger les variations horaires, dans la compensation des variations accidentelles, que les variations accidentelles dans la compensation des variations horaires. Ceci, à la vérité, complique un peu le problème; les difficultés augmentent, la tâche devient de longue haleine; cependant la manière de procéder ne change pas de nature, et il est facile de s'en convaincre, en examinant la question sous l'une et l'autre de ses faces.

D'abord si nous essayons de constater l'étendue des variations horaires, pour y avoir égard dans le calcul des pressions moyennes, sans doute nous n'y réussirons pas, comme à l'équateur, en comparant un petit nombre d'observations faites aux époques critiques de la journée. Les modifications accidentelles de notre atmosphère n'auront pas manqué de troubler l'effet des modifications périodiques, et nous n'obtiendrons l'expression pure et nette de l'action de celle-ci, qu'au moyen d'une suite d'observations assez prolongées, pour amener la compensation des écarts occasionnés par les autres. Mais cette condition une fois remplie, l'opération reprend sa première simplicité. Les quantités accidentelles sont éliminées; la moyenne des observations ne contient plus rien d'étranger, si ce n'est la part de la variation horaire, et l'on évalue aussitôt celle-ci, en comparant entr'elles les moyennes des différentes heures.

Considérons la question sous un autre point de vue, et nous arriverons encore au même résultat. Je suppose qu'on ait réduit à leur terme moyen des suites d'observations assez prolongées, pour ne laisser nul doute sur la compensation des variations accidentelles: aucune de ces suites ne fournira, cependant, une évaluation exacte de la moyenne pression de l'atmosphère, puisque cette évaluation moyenne est encore affectée en plus ou en moins de la quantité qui représente la variation horaire; or, on ne saurait purger celle-ci, qu'on n'ait satisfait d'avance à deux conditions indispensables.

Il

Il faut, 1°. que dans chaque série les observations appartiennent à la même heure; car chaque heure ayant sa variation propre, une série composée d'observations faites à des instans divers, contient la variation diurne en quantité indéterminée, et sous une forme irréductible. Il faut, 2°. que l'heure de chaque série coïncide avec l'une des époques critiques de la journée; car la comparaison de séries qui appartiendraient à des heures intermédiaires, ne compenserait qu'imparfaitement les écarts de l'oscillation diurne. Nous voilà donc revenus au point d'où nous étions partis: les suites d'observations destinées à épuiser les variations accidentelles, doivent être faites aux époques critiques de la variation diurne, afin que les hauteurs barométriques définitivement arrêtées pour ces époques, renferment entr'elles la juste mesure de la pression atmosphérique moyenne.

J'ai déterminé pour nos climats la marche des variations horaires. (*) En été, la plus grande hauteur du baromètre, dépendante de cette cause, est à 8 heures du matin et à 10 heures du soir; la moindre élévation est à 4 heures du matin et à 4 heures du soir. En hiver, il y a une heure de retard sur l'une des quatre époques, et une heure d'avance sur les trois autres : les heures critiques sont 3 heures et 9 heures du matin, et 3 et 9 heures du soir. Pour le printemps et l'automne, c'est 3 heures et demie et 8 heures et demie du matin, 3 heures et demie et 9 heures et demie du soir. Tout consiste donc à faire quatre observations par jour, aux quatre époques désignées, et à les continuer aussi long-temps qu'il est nécessaire, pour épuiser les chances des variations accidentelles. Ces chances épuisées, il ne s'agit plus que de réduire chacune des séries à son terme moyen, en divisant la somme des observations par leur nombre, et l'opération se terminera par un milieu pris entre les hauteurs barométriques des quatre parties du jour. C'est, en dernière analise, le procédé de M. de Humboldt, accommodé à la constitution de notre atmosphère; la voie est plus longue, mais le principe est le même : il n'y a de différence que le travail et le temps.

Mais quelle sera la durée d'un cours d'observations destinées à épuiser les variations accidentelles ? Si l'on en juge d'après les méthodes généralement mises en usage, il paroît que cette question n'a guère été examinée, et que l'on s'en est tenu d'ordinaire à l'idée vague d'une durée indéfiniment prolongée. Rien, cependant, de moins arbitraire et de moins indéterminé. Le phénomène des variations accidentelles, quelque capricieux qu'il semble, ne laisse pas de reconnoître des lois, et l'influence des causes générales se soumet secrètement le désordre apparent des effets. Où l'on ne voyait d'abord que confusion et

(*) Voyez ci-dessus, pag. 84 et suiv.

hasard, la lente observation découvre des distributions, et remarque des périodes. Chaque époque a sa mesure de variations, dont le résultat, toute compensation faite, constitue son caractère. Ce caractère la distingue de toutes les époques différentes, et la rapproche des époques analogues. L'hiver ressemble à un autre hiver, autant qu'il diffère de l'été, et l'année ressemble à l'année, plus que les saisons pareilles ne se ressemblent entr'elles, parce que les différences s'oblitèrent à mesure que les durées se prolongent. Dans toutes ces distributions, ce qu'il y a de bien évident, c'est le rapport qui existe entr'elles et le cours du soleil; et la période marquée par la révolution annuelle de cet astre, est la période par excellence, puisqu'elle épuise toutes les variations qui dépendent de la diversité de ses aspects.

Le système des opérations destinées à déterminer la moyenne pression de l'atmosphère, se déduit naturellement de ces considérations. L'observation doit procéder par années, parce que le résultat de l'année compense les accidens caractéristiques des saisons, et une moyenne barométrique ne doit pas embrasser des fractions d'années, parce qu'elle inclinerait dans le sens des saisons doublement représentées. Il n'y a égalité de probabilité qu'entre des périodes de même nature et de même étendue : la moyenne d'une année complète ne se corrige que par la moyenne d'une autre année, et chacune entre dans le résultat commun pour la moitié de la différence; une troisième année n'y est que pour le tiers, une quatrième pour le quart, et comme les différences sont petites, vu l'étendue et la nature de la période, on aura bientôt atteint l'époque où la correction est à peu près nulle, et la moyenne sensiblement stationnaire.

En général, le produit d'une année peut être regardé comme une approximation très-suffisante, et lorsqu'une moyenne barométrique est fondée sur deux ou trois années d'observations, on ne risquera pas beaucoup en la regardant comme définitive. Mais si elle doit servir à déterminer l'élévation relative ou absolue du lieu, il faut encore qu'elle soit accompagnée d'une moyenne thermométrique, déduite selon les mêmes procédés, d'observations faites concurremment avec les observations barométriques.

Que l'on prenne maintenant la peine de récapituler tout ce que requiert la détermination des moyennes pressions de l'atmosphère. Instrumens excellens et rigoureusement comparables; hauteurs barométriques dûment corrigées de l'effet de la température; observations faites avec exactitude, avec soin, avec dextérité, quatre fois par jour, aux heures critiques de la variation diurne, poursuivies sans relâche, continuées sans interruption, durant des années entières,..... et l'on se persuadera aisément que dans ce que nous avons en ce genre, il y a peu de moyennes légitimes, et beaucoup d'observations à recommencer.

Les méthodes les plus accréditées manquent évidemment le but qu'on se propose.

Dans des observatoires où le nombre des personnes employées procure l'avantage de consulter les instrumens à toute heure, on note le *maximum* et le *minimum* du baromètre, à l'instant où l'on croit le reconnaître. Mais nulle part on ne tient compte de la température, faute de laquelle on ne sait rien de sa hauteur véritable. Le *maximum* et le *minimum* de la température de l'air sont également notés; mais les extrêmes de la chaleur ne se rencontrent point aux mêmes heures avec les extrêmes de la pression : nul accord, nulle correspondance entre les deux phénomènes, quand l'observation des deux instrumens n'est pas simultanée. Qu'inférera-t-on de cet assemblage incohérent d'accidens tous étrangers l'un à l'autre, qui se rencontrent sans se rapprocher, et se succèdent sans se suivre? Des observations éparses n'ont point de rapport mutuel à l'aide de qui l'on puisse les réduire à un terme commun; et si le hasard n'effectue pas les compensations, des siècles entiers ne les opéreront pas.

Ailleurs, on suit une autre marche, et elle semble d'abord mieux concertée. On observe à des heures réglées, et l'observation du thermomètre accompagne celle du baromètre. Les heures que l'on a choisies sont le lever du soleil et deux heures après midi. Cette méthode donne le premier rang au thermomètre. On y voit le dessein de constater rigoureusement la moyenne température, en prenant un milieu entre ses extrêmes; car l'instant du lever du soleil est ordinairement le plus froid de la journée, et c'est vers deux heures de l'après-midi, qu'on observe en général le maximum de la chaleur. L'opération est régulière en ce que les observations thermométriques constituent des séries réellement continues. Il reste à savoir si le milieu entre les extrêmes représente fidèlement la moyenne intensité de la chaleur, et si la distance entre ces extrêmes suffit pour caractériser le climat, sans le secours des quantités intermédiaires. Quant aux observations barométriques, elles constituent aussi des séries continues, au moins en apparence. Mais d'abord il n'est pas question de la température de l'instrument dans les tableaux que nous avons sous les yeux; et, quand il en serait question, ces séries auraient toujours le défaut de ne pas se corriger l'une l'autre, parce que la variation diurne n'y est point compensée. A deux heures après midi, le baromètre est très-bas et tout près du minimum de la journée. Au lever du soleil le mercure, quoique ascendant, n'a jamais atteint le maximum, n'en approche qu'en hiver, en est très-loin durant le printemps et l'automne, et touche en été au minimum de la nuit. Un milieu, pris entre les deux séries, incline donc dans le sens de la période descendante; la moyenne barométrique est trop foible, et l'on ne saurait dire précisément de quelle quantité, car l'erreur varie suivant la distance de l'heure du soleil aux heures critiques. Ainsi les observations qui composent

une seule et même série, sont réellement hétérogènes entre elles : il n'y a point de série proprement dite ; et l'enchaînement est factice, parce que les heures choisies n'agissent point sur les hauteurs barométriques en vertu d'une propriété constante.

Voilà déjà deux méthodes dont l'une surtout est fort en vogue. Employées dans un seul et même lieu, elles fourniraient des résultats qu'on serait certainement assez embarrassé de concilier. Mais si l'une est pratiquée à Paris, l'autre à Genève, si l'on en met une troisième en usage au bord de l'Océan, une quatrième au bord de la Méditerranée, je demande ce qu'il sera possible d'en induire touchant l'élévation respective de ces différens lieux.

D'un autre côté, beaucoup d'observateurs isolés qui ne pouvaient se flatter de faire toujours avec exactitude les observations de la nuit, se sont réduits à en faire quatre dans le cours de la journée, en ajoutant une observation de midi à celles du matin, de l'après-midi et du soir. Voilà encore autant de moyennes barométriques différentes qu'il y a de combinaisons diverses dans le choix des heures ; mais l'expédient n'est pas à dédaigner, si les observations du matin et du soir se rencontrent avec les époques critiques de la variation diurne ; car alors celle de midi étant au milieu de la période descendante, fournit une observation qui supplée jusqu'à un certain point à celle de la nuit. J'en ai usé ainsi pendant plusieurs années, à l'exemple de M. Dangos qui a suivi et suit encore cette méthode pour les observations météorologiques qu'il fait à Tarbes depuis une vingtaine d'années. Nos heures étaient pour l'été six heures du matin, midi, quatre heures après midi et dix heures du soir. En hiver c'était sept heures, midi, trois heures et neuf heures. Ainsi, nos observations de l'après midi et du soir tombaient précisément sur l'instant critique de la variation diurne, et celle du matin le devançait constamment de deux heures. Je trouve à présent que cette combinaison devait nous fournir des moyennes barométriques très-peu différentes de celles qu'on obtiendrait à l'aide du procédé rigoureux.

Mais on simplifierait beaucoup le travail, si l'on parvenait à déterminer l'instant où la hauteur du baromètre serait exactement moyenne entre les hauteurs qui correspondent aux quatre époques critiques. Or, cela n'est pas fort difficile, et l'on prévoit déjà que l'on rencontrera également cet instant, soit dans la période ascendante, soit dans la période descendante, à une distance du maximum et du minimum déterminée par le rapport qui existe entre les oscillations du jour et celles de la nuit. Je trouve que dans nos climats tempérés, l'heure de midi remplit très-bien les conditions prescrites, et la rencontre est d'autant plus heureuse, que cette même heure satisfait à beaucoup d'autres convenances. S'il y a erreur dans la moyenne barométrique de midi, elle sera probablement en excès, mais extrêmement petite, eu égard à la nature de l'opération. Je ne

crois pas qu'elle outre-passe un dixième de millimètre, ou quatre à cinq centièmes de ligne, quantité qu'on peut assurément négliger en cette occasion, sauf à la déterminer plus rigoureusement et à la faire entrer en compte, si jamais l'exactitude des observations et des observateurs s'élève à un tel degré, qu'une moyenne barométrique devienne responsable de la pression de l'atmosphère, à un dixième de millimètre près.

Je ne fais donc nulle difficulté de regarder la moyenne de midi comme une expression suffisante de la moyenne pression atmosphérique, corrigée de la variation diurne; et depuis plusieurs années, le système de mes observations est fondé sur cette base. Mon savant confrère, M. Bouvard, a bien voulu aussi se ranger à mon opinion, et les tableaux météorologiques de l'observatoire sont maintenant augmentés d'une colonne où l'on indique la température du baromètre pour l'heure de midi. C'est désormais de la seule observation de midi qu'il faut partir, pour déterminer la moyenne pression de l'air à Paris; et l'on ne tardera pas à en savoir, à cet égard, plus que n'en avoient appris cinquante années d'observations distribuées et calculées d'après la vicieuse méthode anciennement en usage. Le reste des tableaux de l'observatoire est absolument inutile à la détermination de la moyenne pression atmosphérique, mais n'est pas sans utilité pour l'histoire de la météorologie locale. Ce sont des maximum, des minimum du baromètre et du thermomètre, qu'on ne voit pas sans intérêt au nombre des événemens de l'année, et qui, un jour peut-être, fourniront aux physiciens des documens dont nous ne soupçonnons pas encore l'importance. Rien n'est à négliger dans l'étude de la nature, et chaque observateur peut enrichir ses tableaux météorologiques de l'indication de tous les phénomènes qu'il a remarqués, ou qui sont dans l'ordre de ses considérations particulières. Je n'ai blâmé l'observation des ascensions et des abaissemens extrêmes du baromètre et du thermomètre; je n'ai critiqué le choix de certaines heures, comme celle du lever du soleil et de deux heures après-midi, qu'autant qu'on fondait sur des bases mal assises, l'édifice ruineux de moyennes arbitraires. Quels que soient les faits météorologiques dont l'observateur aura jugé à propos de tenir registre, ils seront précieux, s'ils sont bien observés, et les tableaux qui en réuniront le plus, tiendront toujours la première place dans les fastes de la science.

Mais on ne peut tout embrasser. Il faut choisir; et chacun considère l'objet sous l'aspect qui convient à ses vues. En examinant, par exemple, les tables météorologiques fondées sur des observations de maximum et de minimum, je n'ai pas conçu nettement ce qui peut leur rester d'avantages, une fois que la détermination des moyennes pressions ne leur appartient plus; et s'il est dans l'ordre des choses possibles qu'ils fournissent un jour des résultats que je ne prévois pas, j'ai été moins frappé de cette utilité contingente, que de l'utilité présente et journalière des observations faites aux heures critiques de la variation

diurne. Celles-ci fournissent ce qu'il y a de plus certain dans les présages tirés de la marche du baromètre. C'est par le dérangement des oscillations horaires, que s'annoncent les moindres changemens survenus dans la constitution atmosphérique. Enfin, l'étendue de la variation, constatée en différens lieux, concurremment avec la moyenne hauteur du mercure, établira des points de comparaison à l'aide desquels nous formerons un jugement plus solide sur le rapport de la pression de l'air à sa pesanteur, rapport qui offre l'une des questions les plus neuves de la météorologie, et l'une des plus fécondes en conséquences importantes. (*)

D'après ces considérations, je compose mes tables météorologiques comme il suit :

Les observations de midi en constituent la partie essentielle et principale. A l'expiration du mois, je réduis ces observations à un terme moyen. A l'expiration de l'année, je réduis les moyennes des mois à leur expression moyenne, les hauteurs du baromètre étant toujours ramenées à une même température.

La partie accessoire des tableaux consiste dans les séries d'observations pareilles, faites le matin, après-midi et le soir, aux heures précises du maximum et du minimum de la variation diurne. Elles sont réduites également à leur terme moyen, et à la même température.

Cette méthode, déjà suffisamment recommandée par les motifs que j'ai précédemment exposés, offre encore des avantages qui ajoutent à la valeur des considérations alléguées.

1°. La hauteur moyenne du baromètre à midi, en même temps qu'elle a la propriété d'exprimer la moyenne pression de l'atmosphère, dégagée de la variation diurne, possède encore, à l'exclusion de toute autre moyenne, les qualités requises pour la détermination des différences de niveau. Le coefficient d'une formule barométrique ne peut jamais être juste qu'eu égard à une heure fixe; je l'ai prouvé ailleurs par des raisonnemens et des exemples (**). Or, il se trouve précisément que le coefficient de la formule de M. de Laplace est approprié à la même heure de midi : c'est une véritable bonne fortune que cette rencontre qui met à portée de déterminer l'élévation des lieux, à l'aide des mêmes moyennes barométriques qui ont servi à déterminer les pressions respectives.

2°. Les observations du matin, de l'après-midi et du soir, faites aux heures critiques de la variation diurne, après avoir été d'une utilité journalière pour prévoir les changemens de temps, auront ensuite l'avantage de fixer pour chaque climat l'étendue et les circonstances de la variation; et chaque série;

(*) Voyez 3e Mémoire, 2e partie, pag. 96 et suiv.

(**) Voyez 2e Mémoire, pag. 40 et suiv.; et 3e Mémoire, pag. 91.

séparément réduite à son expression moyenne, étant employée dans le calcul des différences de niveau à la place de la moyenne de midi, donnera la mesure de l'erreur qui dépend de l'heure, et par conséquent la correction que le coefficient exige pour lui devenir applicable.

Je crois donc pouvoir proposer ma méthode avec quelque confiance, et je donne à la fin de cet ouvrage, des exemples de la tenue de mes tables météorologiques.

Ces tables sont au nombre de trois. Les deux premières font partie de mes observations de Clermont; la troisième de celles de Barèges. Elles se rapportent aux mois où les modifications de l'atmosphère ont été le plus irrégulières, et j'ai choisi ces mois exprès pour faire ressortir d'autant mieux le phénomène de la variation diurne, dont la constance ne peut être révoquée en doute, lorsque, dans un si court espace de temps, on la voit surmonter les obstacles que le désordre des variations accidentelles oppose à sa manifestation.

Dans le premier tableau, celui du mois de mai 1810, les hauteurs barométriques sont inscrites telles que l'instrument les a données, c'est-à-dire, sans être corrigées de l'effet de la température. La colonne contiguë pourvoit à la correction; elle est consacrée au thermomètre qui indique la chaleur de l'instrument.

Dans le second tableau, cette colonne est supprimée, parce que la correction est effectuée. Toutes les hauteurs barométriques sont réduites à la température 12°.5 du thermomètre centigrade, correspondante à 10° du thermomètre octogésimal, improprement dit de Réaumur. C'est la température normale à laquelle je réduis constamment toutes mes observations. Le choix est en lui-même indifférent; c'est une affaire de convenance, et la convenance consiste ici à ce que le terme choisi correspond à-peu-près à la moyenne chaleur de nos climats. Rien de si prompt et de si facile que la correction. On l'opère, pour ainsi dire, d'un coup d'œil, au moyen de ma 4e table. Il suffit de se rappeler que cette correction est en plus, si le thermomètre est au-dessous de 12°.5, et en moins, lorsqu'il est au-dessus. Prenons pour exemple le 2 mai au matin. Le baromètre étoit à 72.3.02; le thermomètre de correction à 16.3, c'est-à-dire, à 3°.8 au-dessus de 12°.5. La table n°. 2 A, consultée à 72 centimètres, donne pour 3° une variation de 0.40, et pour 8°, celle de 1.06, ce qui fait 0.106, ou 0.11 pour huit dixièmes; c'est donc 0.51 à retrancher de la hauteur du baromètre, qui devient 72.2.51. Mais à midi du même jour, le baromètre étoit à 72.3.12, et le thermomètre à 20.3; c'est 1.04 à soustraire, et la hauteur du baromètre se réduit à 72.2.08. Il a donc baissé réellement de 0.43, au lieu d'être monté de 0.10, comme on l'aurait cru, si l'on avait négligé la température de l'instrument.

Il est aisé de s'apercevoir que les tables où la température du mercure est corrigée, ont sur les autres l'avantage d'offrir nettement à la vue la marche du

baromètre, et c'est la raison qui m'a déterminé à leur donner la préférence.

Le troisième tableau est disposé comme le second. Je ne l'ai ajouté aux autres que dans l'intention d'offrir un exemple de la variation diurne, observée à une élévation très-supérieure à celles où se feront ordinairement les observations de ce genre.

L'hygromètre ne doit pas être traité comme le baromètre. L'humidité sensible est un fait qui ne peut disparaître des tableaux météorologiques. Dans le second tableau comme dans le premier, elle figure telle qu'elle est et sans correction de température. La réduction est réservée pour la fin du mois, et trouve sa place dans la récapitulation où elle sert à comparer entre elles les quantités moyennes de vapeur aqueuse que l'air contenait aux différentes heures. Elle sert de même à comparer entre eux les mois, les saisons, les années, et on l'emploîra au besoin, suivant la méthode indiquée ci-dessus, pag. 204, si l'on avait intérêt à reconnaître ce que la quantité de vapeur aqueuse a reçu d'augmentation ou de diminution dans le cours d'une journée, ou d'un jour à l'autre.

Le reste de mes tableaux n'a pas besoin d'explication. Je dirai seulement que l'indication des vents est fondée sur l'observation de la marche des nuages et de l'état du ciel. Les girouettes sont rarement fidèles. Elles ne le sont jamais dans les pays montueux ou seulement coupés de collines contre lesquelles les vents se réfléchissent. Dans les plus vastes plaines, aux bords même de la mer, elles ne sont souvent dirigées que par les remous capricieux du courant qui entraîne les couches supérieures de l'atmosphère. Il suffit d'avoir vu quelquefois trois ou quatre girouettes placées à diverses élévations, indiquer des vents différens et même opposés, pour être certain qu'on les consultera envain si ce n'est dans les circonstances où le vent est tellement dominant que leur témoignage n'ajoute rien à l'évidence de sa direction.

Je terminerai par une considération qu'il ne faut jamais perdre de vue. Les moyennes barométriques ne peuvent être employées à déterminer l'élévation de lieux distans entr'eux, qu'autant que les climats respectifs ne cessent pas d'être semblables. Le climat influe puissamment sur le rapport variable qui existe entre le poids et la pression de la colonne d'air. Ces deux quantités parviennent peut-être à l'égalité vers le parallèle moyen où toutes les influences météorologiques se balancent, et dans ce cas il serait vrai pour nous que l'élévation moyenne du mercure exprime exactement la pesanteur moyenne de l'atmosphère ; mais de là même que nos contrées tempérées jouiraient de cet avantage, il suivrait que nulle autre n'y participerait. La pression diminue à mesure qu'on s'approche de l'équateur ; et sur les bords de la mer du sud, le baromètre se tient plus bas qu'il ne fait sur nos côtes occidentales. Cette même pression augmente en allant vers le pôle, et le baromètre, toutes choses égales d'ailleurs,

d'ailleurs, doit se soutenir plus haut, au bord des mers glaciales. Du nord au midi de la France, les différences peuvent déjà se rendre sensibles. On ne ferait pas indistinctement usage des moyennes barométriques de Narbonne et de Dunkerque; la moyenne de Perpignan comparée à celle de Paris, n'apprendrait pas grand'chose touchant l'élévation relative de ces deux villes; et quoique Genève ne soit pas fort loin de la Méditerranée, la différence des climats est telle que l'élévation absolue de son lac serait assez mal établie, si elle l'était uniquement sur la foi des observations de Marseille.

Je n'insisterai pas davantage sur ces considérations : elles sont suffisamment développées dans mon troisième mémoire (*).

On regarderait avec raison un chapitre des pronostics météorologiques comme le complément d'une instruction sur les observations sédentaires; mais je n'ai traité de celles-ci que dans l'intérêt des mesures barométriques, et un pareil appendice serait entièrement hors de mon sujet. On trouvera cependant quelques vues à cet égard dans mon troisième mémoire (**). J'y rapporte les variations accidentelles du baromètre aux changemens de vents, et je tiens d'autant plus à mon opinion qu'elle est appuyée de l'autorité de Saussure, nettement énoncée dans le troisième chapitre de son quatrième essai sur l'hygromètre, et soutenue par ce grand physicien avec la force de raisonnement qu'il déploie dans ce bel ouvrage. Or, les vents sont les arbitres du temps; mais leurs effets se modifient suivant la saison et le climat, l'étendue et le gissement des terres, l'élévation et la nature du sol, le voisinage et la position relative des mers.

Chaque lieu a, jusqu'à un certain point, sa météorologie distincte. Ici les vents occidentaux dominent, là ce sont les vents opposés. Ceux qui annoncent la pluie dans certaines contrées, sont pour d'autres le présage du beau temps, et le baromètre monte chez nous dans certaines circonstances où il a coutume de baisser ailleurs. Ces diversités n'ont rien de contradictoire. Ce sont des conséquences variées de lois uniformes et constantes. Le point du ciel d'où soufflent les vents, les propriétés qu'ils tiennent du lieu de leur origine, celles qu'ils ont dû acquérir ou perdre dans le trajet, suivant la nature des régions interposées; ce qu'ils ont de densité, de température; ce qu'ils contiennent de vapeur aqueuse, d'électricité, quand ils atteignent, envahissent ou se partagent notre atmosphère particulière; ce qui doit arriver de leur substitution réciproque, de leur rencontre, de leur mélange, de leur intercalation; les oppositions de température, les communications de fluide électrique, les absorptions, les précipitations d'humidité, qui en sont les suites nécessaires:

(*) Partie 2e, page 96 et suiv.
(**) Pag 101 et suiv.

voilà tout à la fois, et les faits dont les instrumens météorologiques déposent et le champ que l'observation de ces instrumens ouvre aux conjectures.

La physique générale de l'atmosphère est la première étude de l'observateur : la physique de son climat est la seconde. Aidé de ces connoissances, il interprétera aisément la marche de ses instrumens, et trouvera dans les indications du baromètre, du thermomètre, de l'hygromètre, une somme de témoignages dont la comparaison ne le laissera guères en doute sur les dispositions actuelles et prochaines de l'atmosphère. On se trompe très-rarement, surtout si l'on réunit à ces premières données les inductions qui se tirent de l'état du ciel, de sa nuance plus ou moins foncée, du degré de transparence de l'air, du volume, de la forme, de l'élévation, de la marche des nuages. Les brouillards, les rosées, les gelées blanches, fournissent aussi des indices. On en trouve encore dans le vol et le chant des oiseaux, dans leurs migrations, dans les manœuvres des insectes, dans tous les signes perceptibles de la sensibilité météorologique dont les êtres organiques sont pourvus. De plus, chaque pays a ses remarques, fondées sur l'expérience et la tradition des hommes intéressés à observer le cours des saisons. Il faut les recueillir. Plusieurs sont superstitieuses. Comment en serait-il autrement, lorsque l'espérance et la crainte se mêlent à la curiosité que nous avons des choses futures? L'homme instruit examine, et ne rejette pas indistinctement les pronostics dont la météorologie du peuple se compose. Il y a dans le nombre plus de bonnes observations qu'il ne semble. Telle remarque, fort juste en elle-même, ne devient suspecte que pour être mal énoncée, dénaturée par de faux rapprochemens, ou accompagnée d'explications ridicules : tel présage suppose des rapports bizarres, et ces rapports pourtant peuvent n'être pas entièrement imaginaires, quelque difficile qu'il fût d'en démontrer la réalité. L'impossibilité de prouver un fait n'est pas plus un motif de le nier, que l'impossibilité de nier, ne serait un motif suffisant de croire. Le jugement, sans doute, demeure en suspens, s'il ne peut saisir la chaîne qui lie l'événement au signe. Mais l'instinct de la raison intervient et fait souvent entre l'incroyable et l'incertain, le choix que le raisonnement n'aurait su faire.

Au reste, notre prévoyance est rarement en défaut, quand elle se renferme dans de justes limites. Nous aimons beaucoup les présages, et nous en demandons à toute la nature. Elle n'en fournit guère, si nous les cherchons ailleurs que dans la corrélation d'effets qui remontent à une cause connue et capable de les produire. Point de pronostic légitime sans un signe actuellement perceptible de l'existence de cette cause, dont les événemens ultérieurs sont le développement probable. Restons-en là ; le physicien qui vient d'examiner l'état de l'atmosphère avec tout ce que la science a mis de moyens à sa disposition, augurera toujours mieux que personne des conséquences immédiates de cet état, et des changemens qu'il est à la veille de subir. Mais il ne croira pas aisément

qu'on puisse lui prédire aujourd'hui le temps qu'il fera dans six mois ou l'année prochaine. Ce n'est plus prévoir; c'est deviner : et à cet égard, les astres, les animaux et les plantes n'en savent pas plus que le baromètre et nous.

§ II. *Observations ambulantes pour la mesure des hauteurs.*

Ce que j'ai dit précédemment des instrumens météorologiques et de la manière de les observer, s'applique en général aux instrumens destinés à être transportés, et réduit à peu de chose ce qui concerne le choix et l'emploi de ceux-ci.

Le baromètre voyageur doit être construit de sorte à n'être ni fragile, ni sujet à l'introduction des bulles d'air. Il faut qu'il soit facile à mettre en expérience, qu'il prenne bien la situation verticale et s'y maintienne; je regarde comme un grand mérite de plus, une structure telle que l'instrument contracte rapidement la température du lieu où il est placé. La résistance de la monture aux variations de la chaleur, expose à des inexactitudes, fait perdre du temps et occasionne beaucoup d'erreurs. Le baromètre de Saussure est excellent; mais il manque de quelques-unes de ces qualités. Il suffit de lire les voyages dans les Alpes pour voir qu'il a souvent donné des embarras à l'observateur. Il ne laisse pas d'être délicat au transport; le robinet se dérange; la moindre négligence fait monter dans le tube la bulle d'air qui se loge sous la fermeture. Si cet instrument est le meilleur des baromètres sédentaires, celui de Fortin me semble le premier des baromètres voyageurs. Il est léger, peu fragile, muni d'un trépied qui forme une suspension très-commode, l'air ne saurait s'y glisser. Il donne peu de prise au vent, et le poids de la cuvette le ramène bientôt à la situation verticale. Enfin sa monture est en cuivre très-mince, et elle prend la température du lieu plus vite même que la colonne de mercure ne peut le faire, à travers l'épaisseur de son tube.

Les observations destinées à mesurer les hauteurs, supposent des observations correspondantes, si la mesure doit être exacte; et les deux baromètres doivent être parfaitement comparables, ou la comparaison serait vaine. Dans ce cas, la présomption n'est pas suffisante. Il faut comparer avec soin les instrumens, et pour peu que l'opération soit délicate et qu'on aspire à une grande précision, ce n'est pas assez de les avoir comparés au départ, il est prudent de les comparer au retour; car le baromètre voyageur peut avoir éprouvé quelque dérangement dans le transport. Lorsque les deux instrumens ne soutiennent pas exactement le mercure au même point, si la différence n'est pas très-forte, et surtout si elle est justifiée par la différence du diamètre des tubes, ce n'est pas une raison de suspecter l'un ou l'autre. On se contentera d'en tenir compte dans le calcul. Dans le cas où aucun des deux instrumens ne soutiendrait le mercure à sa hauteur absolue (ce qui ne peut manquer

d'arriver, s'ils sont tous deux à cuvette) il sera convenable de les corriger de l'effet de la capillarité ; car la dépression qui résulte de cette cause est quelquefois suffisante pour introduire une erreur sensible dans les mesures.

Ce qu'il y a de très-difficile, c'est de trouver une place convenable pour le baromètre voyageur. Il faudrait le préserver des changemens rapides de température, et il est presque toujours à l'air libre où la température varie sans cesse. Il faudrait le tenir à l'ombre, et il est le plus souvent exposé au soleil qui agit inégalement sur ses différentes parties, soit par ses rayons directs, soit par ses rayons réfléchis. Les conséquences d'une pareille position sont plus aisées à concevoir qu'à éviter; au soleil, le tube s'échauffe d'un côté, la cuvette s'échauffe encore davantage à cause de la réverbération du sol; le thermomètre de correction indique une température plus ou moins élevée suivant le sens où on le tourne; viennent ensuite les courans d'air qui modifient ces causes d'erreur à leur manière, le calme qui leur rend leur énergie, les nuages qui en suspendent momentanément l'action; au milieu d'une pareille complication d'effets, rien de bien clair, hormis les motifs de doute; et l'observateur n'est ni malheureux ni mal habile, s'il connaît à un ou deux degrés près la chaleur moyenne de son instrument.

J'indique les inconvéniens, parce qu'il faut en avoir une juste idée pour être en état d'y obvier suivant l'exigence des cas et les moyens que les lieux ou le hasard mettent à notre disposition, quand la prévoyance n'a pu y pourvoir. Un rocher, un arbre offrent quelquefois un abri. On y supplée, au moins en partie, par un homme placé entre le soleil et l'instrument, par un linge attaché autour du trépied qui le supporte, et à défaut d'autre ressource, en fesant tomber l'ombre d'un des pieds le long du tube et surtout de la cuvette. Le thermomètre doit être toujours tourné du côté opposé au soleil. Quand les alternatives de vent et de calme y excitent des variations trop promptes et trop étendues, j'enveloppe la boule, de manière à la défendre jusqu'à un certain point de ces influences passagères et capricieuses. L'action qu'elles exercent sur le thermomètre, induirait en erreur sur la température de l'instrument, parce que des variations très-passagères peuvent avoir le temps de se faire sentir à la superficie de la monture sans avoir celui de se communiquer à l'intégrité de la masse de mercure.

Quant au thermomètre destiné à marquer la température atmosphérique, c'est toujours dans le lieu le plus élevé, le plus découvert, le plus aéré qu'il faut lui choisir une place. Cette condition est bien plus aisée à remplir en rase campagne et sur un sommet exposé à tous les vents, que dans les édifices où se font les observations météorologiques. Ici, nos thermomètres sédentaires n'ont de communication qu'avec une moitié de l'atmosphère; l'autre moitié leur est soustraite par la muraille à laquelle ils sont adossés; mais aussi ce désavantage est com-

pensé par la facilité que nous avons de les tenir à une élévation où ils sont à l'abri des réverbérations de la terre. Cette ressource nous manque dans les observations ambulantes. On ne saurait placer le thermomètre plus haut que le point où l'on peut l'observer sans parallaxe; et, à cette élévation qui n'excède pas la taille humaine, il s'en faut beaucoup que l'instrument soit hors de l'influence de la terre. Cet inconvénient est inévitable; il ne faut donc rien perdre de l'avantage qui le rachète, et ce n'est pas sans raison que Saussure condamne l'usage de suspendre le thermomètre à un corps de quelque étendue. Il l'attachait à un simple bâton, dont l'ombre dirigée sur la boule suffit pour la mettre à l'abri du soleil, et dont le diamètre est trop petit soit pour lui communiquer sa chaleur, soit pour mettre obstacle à la libre circulation de l'air, quand le thermomètre en est éloigné d'une quantité suffisante. J'en ai toujours usé de même. Un bâton d'une couple de mètres remplit mon objet. Il est ferré à un bout pour être facilement enfoncé en terre. A l'autre bout sont percés d'avance deux trous destinés à recevoir deux fiches de fer ou de laiton que je transporte avec moi. Elles ont une quinzaine de centimètres de long. L'une se termine en crochet, l'autre en anneau; toutes deux sont taillées en vis à l'extrémité qui doit entrer dans le bâton. La fiche à crochet se place au trou supérieur et sert à suspendre le thermomètre; la fiche à anneau se place au trou inférieur et embrasse l'instrument pour le retenir dans une position parallèle au bâton qui le porte. Ce bâton est le mien ou celui de mon guide; les fiches sont dans le sac qui contient les thermomètres et que j'attache à l'enveloppe du baromètre. Je crois qu'on ne peut remplir toutes les indications avec un moindre appareil.

L'observation des thermomètres est la partie la plus délicate et la plus difficile des opérations; et la plupart des fautes que l'on commet dans la mesure des hauteurs, remontent à une fausse évaluation de la température de l'air ou de celle du mercure. Je l'ai dit ailleurs, mais il n'y a point de mal à le redire, et l'on ne saurait trop signaler les causes d'erreur, surtout quand elles se dérobent aisément à des yeux inattentifs. L'observateur inexpérimenté, lorsqu'il ne rencontre pas juste, sera moins tenté de s'en prendre aux instrumens ou à la formule, et cela peut épargner souvent aux esprits spéculatifs le soin d'imaginer de nouvelles théories pour corriger, dans la règle, des irrégularités qui ne sont que dans l'observation.

Sans doute, les grands physiciens qui se sont occupés des mesures barométriques, ont vu ce que j'ai vu, moi qui ne suis pas grand physicien, et qui n'ai de commun avec eux que d'avoir beaucoup observé. Ils n'ont pas transporté le thermomètre sur des sommets exposés à tous les vents, sans éprouver plus d'une fois l'embarras que j'ai éprouvé. Le thermomètre a varié pour eux comme pour moi d'un instant à l'autre, au gré du vent, du calme, de la présence du soleil, de l'interposition des nuages. Ces variations, ils n'ont pas dû les négliger,

puisqu'ils n'ont pu les méconnaître. Comme moi, ils ont été souvent dans l'incertitude sur la chaleur réelle et intrinsèque de l'air et de leurs instrumens, et ils ne s'en sont assurément pas tirés en inscrivant à tout hasard la température qu'un accident quelconque fesait prévaloir au moment précis de l'observation. Mais s'ils gardent ordinairement le silence sur ce qui ne peut échapper à personne, c'est qu'ils ont supposé la logique des observations familière à tous ceux qui mettent quelque discernement dans l'usage des instrumens météorologiques. Je ne dois pas les imiter en parlant à des commençans. Il faut des exemples et des conseils à ceux-ci. Je leur en donnerai deux ou trois entre mille, et je ne les choisirai pas dans le nombre des plus rares.

Le 30 août 1805 j'étais au sommet du Pic du midi, et j'y éprouvais la plus forte chaleur que j'y aie éprouvée en quinze ans, quoique dans cet espace de temps j'y sois monté trente-cinq fois. A Barèges, le thermomètre monta jusqu'à 28°.2, température tout à fait extraordinaire, dans un lieu élevé de 1290 m. au-dessus du niveau de la mer. Au Pic, il varia de 14° à 19°, entre 10 heures du matin et une heure après midi. Le ciel était trouble, le soleil pâle. Une vapeur orageuse s'avançait lentement du S. O., franchissant avec peine la haute chaine du Mont-Perdu et du Marboré dont j'étais éloigné de près de 32000 mèt. De ce point du ciel soufflait par bourrasques un vent irrégulier, intermittent, tantôt faible, tantôt impétueux. Le thermomètre, toujours en mouvement, ne s'arrêtait pas deux instans de suite au même point. Il montait, il baissait, suivant la température particulière des masses d'air successivement amenées au sommet du Pic. Dans les momens de calme, il marquait 16 à 17 degrés, mais une partie de cette chaleur résultait de l'échauffement de la cime. Au premier souffle du vent, il descendait d'un ou deux degrés, parce que le vent déplaçait la couche d'air qui s'était échauffée au voisinage du Pic, et poussait devant lui celle qui s'était refroidie sur les neiges éternelles des sommités méridionales. Continuait-il à souffler? le thermomètre remontait rapidement et dépassait la température du calme. Bientôt celle du vent se montrait sans mélange, et élevait le mercure jusqu'à 18 et 19 degrés. Si ce vent avait été plus constant, nul doute qu'il n'eût fallu s'arrêter à sa température, puisqu'alors l'atmosphère eût été uniformément modifiée par son influence; mais son intervention n'était dans ce cas qu'un accident troublé par des accidens de valeur à peu près égale; et il n'y avait d'autre ressource que de prendre un terme moyen entre les températures observées dans un espace de temps limité, tant en deçà qu'en delà de l'heure de midi; car il eût été également absurde de s'en tenir à 14, à 16, à 19°, par la seule raison que le thermomètre aurait indiqué accidentellement l'un de ces degrés au moment précis où l'on venoit de noter la hauteur du baromètre.

Le 11 septembre suivant, je montai au pic de Bergons. Le temps était superbe, et il régnait un vent N O. assez vif. Mais quoique ce vent fût

dominant et réglé, il ne laissait pas de fléchir par intervalles, et il y avait des momens de calme. La température du calme était assez haute; elle excédait 14°; et comme le sol réfléchissait beaucoup de chaleur, cette température était fort suspecte. Il est bien rare que la température du calme ne le soit pas: un thermomètre placé à la hauteur de l'œil, est trop voisin de la terre pour n'être pas exposé à ses influences, quand la petite masse d'air qui l'environne demeure stagnante et se met elle-même à la température du lieu. Cette température, au reste, augmentait encore dès que le vent s'élevait: c'était une autre atmosphère locale que le vent chassait devant lui; il portait au sommet du Pic les couches d'air qui avaient eu le temps de s'échauffer sur le sol des plaines adjacentes. Pour peu que la brise se soutînt, le thermomètre descendait de quinze degrés et demi à treize et s'y arrêtait. Telle était la véritable température du vent et la modification prédominante de l'atmosphère. Il n'y avait point de doute; les hautes températures ne pouvaient être regardées que comme locales, accidentelles et passagères; celle du vent était la seule à employer dans le calcul de l'observation.

Au sommet du Mont-Perdu, où je me trouvais le 10 août 1802, la température locale péchait en sens contraire. Mes instrumens étaient placés sur la calotte de neige qui couvre ce sommet, et le soleil, secondé par un vent impétueux de SO, accélérait l'évaporation de cette neige, au point qu'un thermomètre couché à sa surface descendait à deux degrés et demi au-dessous du terme de la congélation. Le thermomètre suspendu à un mètre et demi participait à ce refroidissement, et ne s'élevait durant le calme qu'à quatre ou cinq degrés au-dessus de zéro. En même temps, un autre thermomètre suspendu au-dessus d'un rocher que la roideur de sa pente avait débarrassé de neige, se soutenait à 12°.5; et la cause de cette chaleur n'était pas difficile à découvrir, puisqu'un quatrième thermomètre appliqué contre le rocher montait lui-même jusqu'à 22°.9. Entre ces indications fautives, un coup de vent décidait, non dans le premier moment, car il commençait par m'apporter l'air échauffé sur les plaines brûlantes de l'Arragon; mais à mesure que celui-ci s'écoulait, mes thermomètres se rapprochaient l'un de l'autre et finissaient par s'arrêter à + 7.5, terme moyen entre les deux températures locales. Cette dernière indication était donc celle que je devais adopter.

Il est inutile de parler d'une multitude d'autres cas un peu différens; d'une pluie passagère qui fait varier le thermomètre, au moment où elle le touche; d'un brouillard local qui occasionne dans l'atmosphère particulière des instrumens, un refroidissement auquel le reste de la couche d'air ne participe pas; d'un coup de soleil qui fait monter les thermomètres; de l'interposition d'un nuage qui les fait descendre; de toutes les variations qui ont leur origine dans les réverbérations, les absorptions de chaleur, dans des courans d'air

accidentels et d'influence limitée, de tout ce qui conspire à altérer la température génerale dans les sites mal disposés, comme le sont les vallées profondes et les éminences mêmes au-dessus desquelles s'élèvent immédiatement des hauteurs très-dominantes. J'en ai assez dit ici pour éveiller et diriger l'attention de ceux qui veulent et qui savent être exacts.

Voilà un ordre de considération pour le thermomètre libre. On a vu tout à l'heure que le thermomètre du baromètre était l'objet de considérations fort différentes. Pour celui-là, la température de l'air n'est qu'en seconde ligne. Il est bien placé partout où le baromètre est à sa place. Qu'il monte, qu'il descende, n'importe, pourvu que la température de l'instrument s'élève et s'abaisse de concert. Mais ce concert est la chose dont il faut s'assurer, et c'est là le point difficile. Rarement les deux instrumens associés seront d'accord, quand la température éprouvera de grandes et fréquentes variations. On peut, comme je l'ai dit, diminuer la sensibilité du thermomètre; mais, en l'empêchant de devancer par ses indications les changemens de température que le baromètre éprouve, il ne faut pas aller au point où il serait à son tour en retard; et dans tous les cas, voilà le champ ouvert aux conjectures.

Que l'on commence par disposer convenablement ses instrumens, et qu'on leur laisse ensuite le temps de perdre la chaleur qu'ils ont contractée dans le transport, et de prendre, chacun à leur manière, la température du lieu. Ce temps est très-long pour les baromètres en bois qui s'échauffent inégalement dans les mains ou sur le dos de celui qui les porte. La chaleur acquise ne s'y distribue jamais avec uniformité et se perd avec une lenteur extrême. Souvent une heure ne suffit pas pour mettre le baromètre d'accord avec le thermomètre et avec lui-même. Il ne faut pas plus d'un quart d'heure aux baromètres montés en cuivre, et c'est une raison de leur donner la préférence.

Au reste, ce délai n'est pas perdu. On essaie la position. Elle ne convient pas toujours au baromètre. S'il est trop tourmenté par les vents, on cherche un abri. Au sommet d'une montagne, un vent fort a d'autres inconvéniens que celui d'agiter l'instrument. Il remonte sur la pente contre laquelle il se dirige, et forme un courant ascendant qui soulève la colonne d'air et abaisse la colonne de mercure. Qu'on y laisse le thermomètre; mais qu'on éloigne le baromètre de cette pente, et si le sommet n'a pas assez d'étendue, qu'on l'abandonne pour chercher le calme sur la pente opposée, sauf à tenir compte de la quantité dont on est descendu, soit en l'ajoutant au résultat du calcul, soit en corrigeant l'observation elle-même, au moyen de la table 12°.

Alors, on attendra le moment de l'observation en considérant la marche des thermomètres. On remarquera attentivement comment l'un se comporte à l'air libre, l'autre dans la monture où il est enfermé; s'ils éprouvent des variations étendues et fréquentes, ou bien s'ils se réduisent peu à peu à l'état stationnaire.

Dans

Dans ce dernier cas, on ne doutera guères du succès de l'opération ; dans le premier, on examinera la cause des variations; on se rendra un compte exact de la nature et de la valeur de chaque accident ; on répétera cet examen après l'observation, afin d'y rapporter tout ce qu'on a pu apprendre de plus certain durant la petite période de temps dont elle occupe le milieu. La règle de la mesure des hauteurs suppose que l'on connaît très-précisément la température de l'air et celle de l'instrument : il faut donc la connaître, et quand elle se déguise, la découvrir sous ses déguisemens. Il y a des temps où cela est tout à fait impossible : c'est au moins quelque chose de s'en apercevoir et de savoir douter d'une observation, bien faite en elle-même, lorsque d'ailleurs on ne peut être assuré d'avoir entièrement satisfait à l'une de ses conditions fondamentales.

Dans d'autres circonstances, et celles-là sont très-communes, la température locale est si dominante qu'elle entre malgré nous dans toutes nos évaluations. En vain on est en garde : les mesures prises par un temps très-chaud et à l'ardeur du soleil, tendront toujours à pécher par excès, surtout si la station est de nature à multiplier les réverbérations; elles pécheront par défaut, au brouillard, dans un temps pluvieux, surtout si le lieu est disposé de manière à concentrer le froid. L'erreur procède des thermomètres. En indiquer l'origine, est avertir l'observateur d'éviter, s'il se peut, les circonstances qui la produisent, et s'il n'a pas le choix, d'avoir égard à leur influence dans le jugement qu'il portera sur ses mesures.

La configuration des lieux où le baromètre est placé, n'est rien moins qu'indifférente à la justesse des mesures. On vient de voir qu'elle influe sur la température : il paraît qu'elle n'est pas non plus sans influence sur la pression atmosphérique. Une plaine aride et fortement échauffée imprime aux courans ascendans plus de vitesse, que ne ferait un coteau verdoyant dont le soleil n'éclaire pas à la fois toutes les faces. Ici, le baromètre sera proportionnellement plus haut; là, il sera plus bas. Sur un sommet aigu et isolé, tous les vents deviennent ascendans en remontant le long de ses pentes; ils deviennent tous comprimans dans une vallée étroite et profonde où ils s'engouffrent, et le mercure s'y soutiendra habituellement au-dessus du point où il s'arrêterait dans une plaine découverte, qui serait à la même élévation absolue. J'ai mesuré plusieurs centaines de fois la hauteur de Barèges au-dessus de Tarbes. La ville de Tarbes est située dans une vaste plaine. La vallée de Barèges est une gorge très-étroite et enfermée de tous côtés par de très-hautes montagnes. J'ai toujours trouvé la mesure trop petite. J'ai essayé ensuite de mesurer l'élévation du Pic du Midi au-dessus de Barèges : j'en suis actuellement à la trente-deuxième épreuve, et toujours la mesure s'est trouvée trop forte. Ces deux expériences, dont l'une est le complément de l'autre, ont dû concourir à me persuader qu'il y avait

réellement, dans les vallées profondes, une compression habituelle dont l'effet était d'augmenter la hauteur de la colonne de mercure (*).

Ce qu'il y a de certain, du moins, c'est que le phénomène tient à la configuration du terrein et non à l'élévation absolue du lieu où le baromètre intermédiaire est placé; car il n'arrive rien de pareil, lorsqu'on l'observe sur des éminences et en pays découvert. Alors les différences de niveau se déterminent avec une égale justesse, tant au-dessus qu'au-dessous, et sans égard à la hauteur où les divers baromètres sont placés. S'il en était autrement, il n'y aurait point de mesures barométriques. Je pourrais alléguer en preuve toutes les bonnes observations de ce genre, et m'appuyer de l'opinion de tous les bons observateurs. Je me bornerai à une couple de faits; et je les choisis entre beaucoup d'autres, comme réunissant toutes les qualités requises pour lever à la fois la plupart des doutes qui ont été récemment proposés.

J'ai essayé de mesurer à la fois deux montagnes voisines, le Puy-de-Dôme et le petit Puy-de-Dôme, le baromètre inférieur étant à Clermont. Les hauteurs barométriques observées sur les deux sommets, m'ont donné pour l'élévation de l'un au-dessus de l'autre, une quantité égale à la différence de leur élévation au-dessus de la station inférieure.

J'ai obtenu le même résultat, le baromètre inférieur étant encore à Clermont, l'intermédiaire au *Puy-de-Corent*, le supérieur aux *Goules*. Les mesures ont été parfaitement d'accord, quoique les distances fussent grandes.

Il en a été de même, les trois baromètres se trouvant à Clermont, au *Puy-Saint-Romain* et au hameau dit *Chez-Vasson*.

Je multiplierais, au besoin, ces exemples, et rien ne serait plus superflu. Je ne les ai rapportés que parce qu'ils sont en pleine contradiction avec la singulière doctrine que je trouve consignée dans un article de la bibliothèque britannique (*).

A en croire M. Tardy de la Brossy, tous les auteurs de nos formules, à commencer par Deluc, se seraient grandement mépris. Un coëfficient ne saurait être établi qu'à partir du niveau de la mer, et ne peut servir qu'à la mesure immédiate des hauteurs au-dessus de ce point fixe. Déterminé pour une station plus élevée, il n'a qu'une justesse locale, et pèche en plus ou en moins d'une quantité variable, qui est en raison composée de la hauteur qu'on mesure, de l'élévation absolue du baromètre inférieur, et des changemens qu'éprouve la densité de la couche d'air comprise entre ce baromètre et le niveau de la mer. Tout cela résulte de ce que la variation des deux baromètres employés à la

---

(*) 2e Mémoire, pag. 47 et suiv.

(**) N°. 360. Décembre 1810. Pag. 307 et suiv.

mesure des hauteurs, se compose non-seulement des dilatations de la colonne d'air interceptée, mais encore de celle de la couche subjacente; et le seul moyen d'y remédier, est d'augmenter ou diminuer les deux hauteurs barométriques d'une quantité égale, que l'auteur appelle *variable commune*, et dont les élémens sont l'élévation absolue de la station inférieure, combinée avec la modification actuelle de la couche d'air qui se trouve en dessous du baromètre qu'on y observe.

Si j'applique ces principes à l'élévation et à la température où mes observations ont été faites, je trouve que mon coëfficient, originairement déterminé pour une colonne d'air de 2613 mètres, dont la base était à 322 mètres au-dessus du niveau de la mer, aurait été beaucoup trop fort pour la hauteur de 958 mètres, que je mesurais de Tarbes à Barèges : la mesure devait pécher par excès; et il arrive, au contraire, qu'elle a toujours été en défaut. D'un autre côté, le baromètre stationnaire étant placé à Barèges, c'est-à-dire, à une élévation absolue de 1281 mètres, je devais trouver la hauteur du pic du Midi trop petite; et voilà qu'à trente-deux reprises, je la trouve trop forte. Dira-t-on que dans ces deux occasions, l'influence que j'attribue aux vallées étroites et profondes, a pu couvrir le défaut organique de la formule? Eh bien, au petit Puy-de-Dôme, cette influence n'existait pas; je ne pouvais y rencontrer juste, puisque le baromètre intermédiaire était à la même hauteur qu'à Barèges, le baromètre inférieur plus haut qu'à Tarbes, et le supérieur plus bas qu'au pic du Midi : et cependant, j'ai rencontré juste; et j'ai rencontré juste aussi, lorsque j'ai déterminé l'élévation relative de six points diversement élevés au-dessus de Clermont, par cinquante-trois observations faites dans des circonstances très-variées, et justifiées par six nivellemens exécutés avec un soin extrême (*). On opposera en vain à des résultats si concluans, des exemples tirés d'observations isolées et dont les circonstances nous sont trop peu connues pour diriger notre jugement. Il n'y a qu'à choisir çà et là des observations, pour y trouver ce que l'on veut. Mais on ne s'appuyera certainement pas d'opérations bien régulières, bien suivies et bien liées entr'elles. Les miennes ont été trop soignées, elles sont trop nombreuses et trop concordantes, pour que je puisse me refuser d'y croire. Le hasard n'est pas si fidèle; les illusions ne sont pas si durables; les compensations que l'auteur allègue ne viennent pas à tout propos déguiser une erreur fondamentale; et ce serait assurément une merveilleuse fortune, que la formule eût tort d'avoir eu tant de fois raison.

Mais heureusement pour les mesures barométriques, la nouvelle doctrine n'est pas plus fondée en théorie que justifiée par l'expérience. La partie d'une

---

(*) 4e Mémoire.

colonne d'air, comprise entre deux baromètres dont aucune n'est au niveau de la mer, participe aux dilatations qu'éprouve la portion de la même colonne comprise entre le baromètre inférieur et le niveau de la mer : tel est le principe d'où part M. Tardy, et personne ne le lui conteste. Si l'air de cette dernière portion vient à s'échauffer, il se dilate et une partie de celui qui était au-dessous du baromètre inférieur passe en dessus : rien de plus certain. Cet exhaussement des couches se propage, et une partie de l'air compris entre les deux baromètres passe à son tour au-dessus du baromètre supérieur : jusque-là nous sommes d'accord; mais ici commence le paralogisme où l'auteur de la nouvelle doctrine est tombé. Il considère comme égales les deux additions de charge que les deux instrumens ont reçues, et il n'en est assurément pas ainsi. L'air n'a pu devenir plus pesant à la station supérieure, sans comprimer la partie de la colonne comprise entre les deux baromètres; il s'y est introduit de nouvel air, et le rapport géométrique entre les hauteurs du mercure a été rétabli par une addition de poids, non pas égale, mais proportionnelle à ces hauteurs. On ne peut se dispenser de relever de pareilles erreurs quand elles ont quelque chose de spécieux, et sont accueillies dans un ouvrage accrédité; et M. Tardy de la Brossy ne me saura pas mauvais gré de lui faire apercevoir une inadvertence qui échapperait sûrement à des personnes moins instruites que lui, puisqu'il n'a pas su s'en défendre.

Je n'en recommande pas moins l'expérience que j'ai essayée au Puy-de-Dôme. Il serait à propos de la répéter avec soin et sur une plus grande échelle, non pour démontrer de nouveau ce qui n'a pas besoin de nouvelles preuves, mais pour examiner de plus près les décroissemens de la chaleur et de l'humidité, et l'action des courans ascendans et descendans. Trois ou quatre baromètres disposés par étages peuvent nous apprendre bien des choses, et donner à certaines questions un tour inattendu. Mais il faut que les différences de niveau soient grandes, et il faut surtout que les stations soient très-favorables. Distribuer des baromètres sur le penchant d'une haute montagne, serait peut-être le premier expédient dont on s'aviserait, et sûrement le dernier auquel je voudrais recourir. Rien de certain sur ces longues pentes, où la température du sol et l'inclinaison des vents modifient de mille manières la pression atmosphérique et la chaleur de l'air. On ne saurait écarter avec trop de soin d'une expérience délicate, le soupçon même de ces perturbations locales dont on ne peut estimer au juste la valeur. Les stations à préférer sont des éminences bien aérées, des sommités voisines, mais jusqu'à un certain point indépendantes; des plateaux, des plaines de quelque étendue; point de gorges resserrées; point de ces cols fortement dominés, que l'on rencontre à diverses élévations; et, après mes expériences de Barèges, je ne placerais pas mon baromètre dans une étroite vallée, quand même je serais réduit à chercher bien

loin une station plus convenable ; car la distance influe beaucoup moins sur la justesse des mesures, que ne le fait la bonne ou mauvaise disposition des lieux où l'on place les instrumens.

Les mesures barométriques auraient inspiré moins de défiance, si l'on avait toujours observé avec les précautions que la nature de l'opération indique ; et l'on ne disputerait pas tant sur la valeur des coefficiens et les principes mêmes des formules, si les dissentimens n'étaient entretenus par la confiance que l'on accorde trop souvent à des observations défectueuses. Ce qu'il y a de mieux à faire dans l'état actuel de la science, est de perfectionner l'art difficile d'observer, d'étudier les circonstances propices, de rechercher et signaler les causes d'erreur, de multiplier les essais avec cette patience que les précautions minutieuses ne rebutent pas, avec cette bonne foi qui résiste aux préventions, avec ce discernement que dirige une étude approfondie des difficultés propres à ce genre d'expériences ; de remplacer, en un mot, ce que nous avons d'observations douteuses par des observations sûres et dont les circonstances soient judicieusement appréciées. Il sera temps de disputer ensuite, si toutefois il y a lieu de disputer, quand les propositions seront claires et les faits exempts d'ambiguité.

J'ai parlé de l'influence que la configuration du terrein exerce sur la marche des instrumens. Les modifications désordonnées de l'atmosphère sont une autre source d'erreurs contre laquelle on doit se tenir en garde. La théorie des mesures barométriques suppose l'air dans un parfait équilibre, ses couches superposées dans l'ordre de leur densité, le décroissement de la température uniforme et régulier. Il en est ordinairement ainsi dans les beaux jours et les temps calmes. Mais si l'air est agité, si des vents différens se partagent l'atmosphère, l'ordre est interverti, des couches de diverses densités s'intercalent et se succèdent en sens contraire de leurs pesanteurs respectives ; la moyenne thermométrique n'exprime plus la chaleur moyenne de la colonne d'air interceptée ; la différence des hauteurs barométriques cesse d'être en rapport avec la différence de niveau, et aucune formule ne peut répondre de l'exactitude des mesures dans un état de choses aussi opposé à la supposition fondamentale.

Quand le désordre est manifeste, personne n'a besoin d'être averti que ce n'est pas le moment d'obtenir des mesures justes ; et tout le monde se défiera des observations faites durant l'orage, au milieu des tempêtes, et lorsque des vents fougueux se déchaînent dans l'atmosphère. Mais ce même désordre peut être très-réel sans être aussi apparent, et l'intercalation des vents de densité différente est un phénomène fort ordinaire, qui échappe souvent à l'attention, et n'en est pas moins l'origine d'un grand nombre d'erreurs dont l'observateur le plus exercé ne se préserve pas aisément. Si l'on n'a pu les éviter, il faut tâcher de les connaître pour ne point accorder à une opération la confiance qu'elle ne mérite pas.

J'ai traité ailleurs de l'influence des vents sur les mesures barométriques, et l'étendue que j'ai donnée à cette partie de mon travail me dispense d'y revenir ici (*). J'invite les commençans à profiter de mon expérience, et les observateurs consommés à corriger ou étendre mes premiers aperçus : quelque jugement qu'en portent ceux-ci, ils penseront probablement comme moi qu'il y a peu de sujets plus intéressans de recherches, et qu'on ne peut avoir une idée juste de la valeur d'une observation, si on néglige, en l'examinant, des considérations de cette importance.

J'ai trouvé jusqu'ici que les vents boréaux tendent à élévcr le mercure, et les vents méridionaux à l'abaisser.

Que dans le premier cas, les mesures barométriques sont disposées à pécher par excès, dans le second, par défaut.

Que si les vents qui soufflent aux deux stations sont différens, la mesure est trop forte quand le vent le plus dense occupe la couche inférieure, et trop faible quand il occupe la couche supérieure.

J'ai trouvé enfin que les erreurs augmentent ou diminuent, toutes choses égales d'ailleurs, comme la distance horizontale entre les deux stations et comme la hauteur à mesurer.

Dans le nombre des modifications de l'atmosphère, il en est une plus cachée, mais du moins plus régulière, qu'on a eu de la peine à démêler, mais qui une fois connue, ne peut plus occasionner d'erreurs qu'on ne soit libre de prévenir. Il y a long-temps qu'on a entrevu dans le baromètre des oscillations horaires ; il y a long-temps aussi que Deluc s'était aperçu que les diverses heures du jour ne convenaient pas également à la mesure des hauteurs : il ne s'agissait que de rapprocher ces deux faits pour tirer parti du second. J'ai reconnu qu'une formule quelconque n'était réellement applicable qu'à l'heure où l'on avait fait les expériences nécessaires pour la détermination de son coefficient, et cela parce que le coefficient est toujours affecté d'une quantité qui représente le rapport moyen de la pesanteur de l'air à sa pression, rapport essentiellement variable et différent à chaque instant de la journée (**).

Le coefficient de la formule de M. de Laplace est approprié à l'heure de midi. On fera donc exclusivement à midi les observations destinées à la mesure des hauteurs. Ce précepte est de rigueur, car les fautes qui résultent de l'application d'un coefficient aux heures qui ne lui conviennent pas, sont au nombre des plus considérables que l'on puisse faire. Rien n'empêche cependant de prolonger un peu le temps consacré aux opérations. L'intervalle compris entre onze heures et une heure n'outrepasse pas les limites qu'il est raisonnable de

(*) 2e Mémoire, pag. 62, et 3e Mémoire, pag. 103 et suiv.

(**) Voyez la 2e partie du 3e Mémoire, pag. 94 et suiv.

se prescrire. Mais alors, si l'on veut être exact, il faut opérer de manière à compenser l'une par l'autre les erreurs dont cette extension pourrait être la source. Avant midi, les mesures péchent par défaut ; après midi, elles péchent par excès. Mon usage est donc de faire, outre l'observation de midi, une ou deux observations avant et autant après, à des intervalles respectivement égaux. Cette méthode a beaucoup d'utilités particulières : on a le temps d'examiner la marche des instrumens ; chaque observation sert de point de comparaison pour juger les autres, et le terme moyen pris entre elles, est en quelque sorte l'observation de midi elle-même, purgée des défauts qu'a pu y introduire l'accident atmosphérique dont l'influence était dominante à l'instant où elle a été faite.

Au reste, pour retirer de cette combinaison tous les avantages dont elle est susceptible, il est à propos que les observations correspondantes soient faites aux mêmes instans et en même nombre. On voit si les instrumens ont marché de concert ; si leurs mouvemens se correspondent ; si les écarts ont eu lieu dans le même sens. Quand ils se contredisent, on soupçonne les influences locales d'avoir pris la place des variations de l'atmosphère, et l'on supprime les observations qui se condamnent réciproquement.

Tels sont mes procédés. Ils ont souvent amené mes mesures à un degré de précision qui ne laisse rien à désirer. Je recommande les mêmes soins, les mêmes précautions à ceux qui veulent essayer la formule, et surtout à ceux qui la veulent corriger.

Tout cela est, je l'avoue, minutieux et difficile, et ce n'est pas l'idée qu'on se fait communément des mesures barométriques. On voudrait qu'il n'y eût rien que d'aisé dans l'emploi d'instrumens dont on use si familièrement. Cependant quelle méthode de mensuration n'a pas ses incertitudes, ses contre-temps et de plus grands embarras ? Il reste toujours du côté du baromètre la simplicité de l'appareil, la célérité de l'opération, la facilité des calculs, l'avantage d'applications plus variées et plus étendues, et une dépendance bien moindre des circonstances qui mettent obstacle à l'usage des autres instrumens.

Je réduis à ce qui suit le sommaire des conditions requises pour la mesure des hauteurs.

Instrumens correspondans, bien construits, vérifiés avec soin et rigoureusement comparés.

Stations aussi bien choisies que la nature des lieux le permet.

Distance horizontale des deux observateurs, aussi petite qu'il se peut, mais subordonnée à la convenance des stations. Elle sera de plusieurs lieues sans être trop grande, si la différence de niveau est considérable, et s'il n'y a entre les deux stations aucun terrain qui s'élève au-dessus de l'une et

l'autre. La proximité, au contraire, aura plus d'inconvéniens que d'avantage, si le baromètre inférieur est mal placé.

Observations toujours simultanées et faites exclusivement à midi ou entre onze heures et une heure.

Choisir en général les temps où l'air est plutôt calme qu'agité ; mais ne pas craindre le vent s'il est doux et réglé : il renouvelle la masse d'air locale et ramène les thermomètres à la température de l'atmosphère.

Ne pas craindre non plus un ciel couvert, quand il ne menace pas de mauvais temps. La suppression de l'irradiation solaire favorise les observations, surtout si elles se font en plein air et si les instrumens n'ont point d'abri.

Éviter la pluie, les orages, les vents fougueux, et se défier de ces temps incertains où des changemens prochains sont indiqués par la fréquence des variations du baromètre et du thermomètre.

Préférer les temps où le baromètre est plus près de sa hauteur moyenne que de ses extrêmes.

Attention continuelle à la marche des thermomètres. Les méprises faites sur la température réelle du mercure et de l'air, sont l'origine des erreurs les plus considérables et les plus ordinaires.

Attention non moins soutenue, soit aux dispositions de l'atmosphère, soit aux influences locales qui peuvent altérer la justesse des mesures. Tenir exactement note de la direction des vents, du mouvement des nuages, de la présence ou de l'absence du soleil, et observer les variations des instrumens qui sont en rapport avec ces circonstances.

Douter des opérations qui sont faites dans des temps très-variables, et surtout si l'air n'est pas uniformément modifié aux deux stations, comme il arrive lorsqu'il y règne des vents différens, lorsque l'une jouit de la présence du soleil tandis que l'autre est couverte de nuages ou environnée de brouillards, lorsque le décroissement de la température est nul ou inverse, etc.

Si la constitution de la journée se fesait remarquer par quelque chose d'excessif, soit dans la température, soit dans l'élévation ou l'abaissement du baromètre, répéter l'opération par un temps ordinaire, pour vérifier le premier résultat, ou dans des circonstances entièrement opposées, pour les corriger par la compensation des erreurs contraires.

Si la distance horizontale est très-grande, recommencer plusieurs fois les opérations. Si elle est excessive, ne se fier qu'à des moyennes déduites d'un grand nombre d'observations toujours simultanées. Il ne faut pas moins d'une année pour déterminer de petites différences de niveau entre des lieux très-éloignés ; et si l'éloignement était tel que les climats respectifs fussent sensiblement différens, aucune moyenne barométrique n'en déterminerait exactement l'élévation respective.

Qu'on

Qu'on se conforme à ces règles; qu'en s'y conformant on apporte dans l'observation de la précision et de la dextérité; dans l'examen de ses circonstances un coup d'œil juste et une critique saine; et je crois pouvoir répondre qu'on ne sera trompé ni par le baromètre ni par la formule.

Que si les circonstances commandent le sacrifice de quelqu'une des conditions prescrites, on jugera du mérite de l'opération par la valeur de la condition sacrifiée.

Se contente-t-on enfin de mesures approximatives? alors que l'on observe comme on pourra. Des mesures approximatives ne sont pas à dédaigner, quand on ne les tient que pour telles, et quand il n'y a pas moyen de s'en procurer de meilleures. C'est encore une utilité du baromètre de nous apprendre en un instant et sans peine, ce qu'avec beaucoup d'appareil et de temps d'autres instrumens ne nous apprendraient souvent pas si bien.

EXEMPLES DE CALCUL.

N°. I. *Chimboraço.*

Différence des Ther. positive.

Instruction, pag. 175 *et suiv.*

	Baromètre.	Ther. du bar.	Therm. libre.	
Mer du Sud. .	$337^{l}.79$	+ 25°.3	+ 25°.3	Latitude. 1°.45′
Chimboraço. .	167 .20	+ 10 .0	— 1 .6	

Différence. + 15 .3 Somme. + 23 .7

Double somme. + 47 .4

Bar. infr. $337^{l}.79$. Log.	2.5286468	
Diff. des ther. + 15°3 (Table Iere, A. positive). . . .	9.9987740	
	2.5274208	
Bar. supr. $167^{l}.20$. Log. à soustraire.	2.2232363	
Différence des logarithmes	0.3041845	L. 9.4831371
Coefficient constant en mètres (Table 2, A.). Log.		4.2633046
Latitude. 1°.45′ (Table 2, B.) pour 2°		0.0012274
Dimin. de la pesanteur dans le sens vertical, pour la différence des log. 0.30 et la double somme des ther. 47°.4. (Table 3.). . . .		0.0015321
Correction de la température. $\frac{1000 + 47.4}{1000} = 1.0474$. Log. . . .		0.0201126
Hauteur déduite.		3.7693138 — $5879^{m}.13$

N°. II. *La Barraque* (Puy-de-Dôme.). 15 *Mai* 1808.

Différence des Ther. négative.

Instruction, pag. 175.

	Baromètre.	Ther. du bar.	Therm. libre.	
Clermont-Ferrand .	$73^{c}.4.72$	+ 21°.9	+ 23°.6	Latitude. 45°.46′
La Barraque . . .	70 .3.84	+ 25 .6	+ 21 .8	

Différence. — 3 .7 Somme. + 45 .4

Double somme. 90 .8

Bar. infr. $734^{mm}.72$. Log.	2.8661219	
Diff. des ther. — 3°.7 (Table Iere, B. négative). . . .	0.0002968	
	2.8664187	
Bar. supr. $703^{mm}.84$ Log. à soustraire.	2.8474739	
Différence des logarithmes.	0.0189448	Log. 8.2774900
Coefficient constant, en mètres, (Table 2, A.)		4.2633046
Latitude. 45°.46′ (Table 2, B.) pour 46°.		9.9999570
Dimin. de la pesanteur pour 0.02 et 90°.8 (Table 3.)		0.0012100
$\frac{1000 + 90.8}{1000} = 1.0908$. Log.		0.0377451
		2.5797067 — 379 .93

La petite différence de $0.^{m}14$ qui se trouve entre ce résultat et celui qui est rapporté dans mon 4e Mémoire, pag. 150, est celle du calcul exact au calcul approximatif. — La même observation a lieu pour les résultats des types 5 et 6, comparés à ceux qui se trouvent dans le même mémoire, pages 153 et 155.

N.° III. *Pic du Midi.* 12 *Septembre* 1803.

Barom. et therm. aux anciennes mesures françaises.

Instruction, pag. 180.

		Réaumur.	Réaumur.	
Tarbes. . . .	27P.3.66	+ 18°.8	+ 20°.3	Latitude. 43.°
Pic du Midi . .	20 .1.05	+ 11 .8	+ 8 .3	

Différence. + 7 .0 Somme. + 28 ,6 Réaumur.
8 .8 Cent. + 35 .8 Centigrade, Tab. 8, A.
+ 71 .6 Deux sommes.

Bar. infr. 327l.66. . . . . 2.5154234
Bar. supr. 241 .05 et 8°.8 (Tab. 4, B.) = 241.44. 2.3828092
Différence des logarithmes. . . . . . 0.1326142 Log. 9.1225901

Coefficient en toises (Tab. 2, A.) Log. 3.9734847
Latitude. 43°. (Tab. 2, B.). Log. 0.0000859
Dim. de la pesanteur pour 9.13 et 71.6 (Tab. 3.). 0.0013344
Température. $\frac{1071.6}{1000}$ = 1.0716. . . . . 0.0300327
Élévation relative en toises. 3.1275278 1341t.31
Conversion en mètres (Tab. 6.) Log. . . . 0.2898199
Élévation relative en mètres 3.4173477 2614m.25
Élévation absolue de la station de Tarbes. . . . . 322 .12
Élévation absolue du Pic du Midi. 2936m.37

N°. IV. *Puy-de-Dôme.* 11 *Octobre* 1807.

Baromètres à échelles différentes.

Instruction, pag. 180.

Clermont-Ferrand .	27Pa10g	+ 21°.7	+ 18°.6	Latitude. 45°.46′
Puy-de-Dôme. . .	647mm80	+ 15 .5	+ 11 .7	

Différence. + 6 .2 Somme. + 30 .3
Deux sommes. 60 .6

Bar. inférr. 326l.09. Log. 2.5133375
Conversion en millimètres (Tab. 11.) Log. . . . 0.3533062
Diff. des thermomètres (Tab. 1, A positive.). . 9.9995028
2.8661465
Bar. supr. 647.80. Log. à soustraire. 2.8114409
Différence des logarithmes. . . . . 0.0547056 Log. 8.7380318
Coefficient constant, en mètres (Tab. 2, A.). Log. 4.2633046
Latitude, 45°.46′ (Tab. 2, B.) pour 46°. 9.9999570
Dim. de la pesanteur dans le sens vertical, pour 0.05 et 60.6 . . . 0.0011567
Température. $\frac{1060.6}{1000}$ = 1.0606. . . . . 0.0255516
Élévation relative en mètres. 3.0280017 1066m.60
Conversion en toises (Tab. 11.). . . Log. 9.7101801
Élévation relative en toises. 2.7381818 547t.25
Élévation absolue de la station de Clermont . . . . 210 .98
Élévation absolue du Puy-de-Dôme. 758t.13

Température de l'air au dessous de 0.

N°. V. *Pont du Berger* (Puy-de-Dôme.). 5 *Avril* 1809.

Instruction, pag. 178.

Clermont-Ferrand. 73^c.3.55 + 11°.3 + 0°.3 } Latitude. 45°.46′
Pont du Berger. 68.7.79 − 1.8 − 2.9 }

Différence. + 13.1 Somme. − 2°.6
Deux sommes. − 5.2

Bar. infʳ. 733.55 mm 2.8654297
Bar. supʳ. 687.79 et 13°.1 = 689.45 (Tab. 4, A.) . 2.8385028

Différence des logarithmes. . . . . 0.0269269 L. 8.4301863

Coefficient constant en mètres (Tab. 2, A.). 4.2633046
Latitude. 45°.46′ (Tab. 2, B.) pour 46°. 9.9999570
Dimin. de la pesanteur pour 0.03 et − 5.2 (Tab. 3.). 0.0010805
Température. $\frac{1000-5.2}{1000}$ = 0.9948 Log. 9.9977358

Élévation relative en mètres. 2.6922642 492ᵐ.34

Température de l'air au-delà des limites de la table de correction, pour la diminution de la pesanteur.

N°. VI. *Prudelles, sommet oriental* (Puy-de-Dôme.).

5 août 1808.

Instruction, pag. 178.

Clermont-Ferrand. 72^c.8.52 + 24°.7 + 28°.3 } Latitude. 45°.46′
Prudelles. . . . 70.5.65 + 27.8 + 25.5 }

Différence. − 3.1 Somme. + 53.8
Deux sommes. 107.6

Bar. infʳ. 728.52 et 3°.1 = 728.93 (Tab. 4, A.). Log. 2.8626858
Bar. supʳ. 705.65 Log. 2.8485893

Différence des logarithmes. . . . . 0.0140965 L. 8.1491113

Coefficient constant en mètres (Tab. 2, A). 4.2633046
Latitude. 45°.46′ (Tab. 2, B.), pour 46°. 9.9999570
Dimin. de la pesanteur pour 0.01 et 110° = 12003 + 108.9. . . . 0.0012112
$\frac{1000+107.6}{1000}$ = 1.1076 Log. 0.0443829

Élévation relative en mètres. 2.4579670 287ᵐ.06

N°. VII. *Mont-Perdu.* 10 Août 1802.

Barom. inférieur très-élevé au-dessus du niveau de la mer.

Instruction, pag. 177.

Barèges . . .	662.21	+ 21°.9	+ 20°.0	Latitude. 42°.
Mont-Perdu. . .	512.39	+ 11 .5	+ 7 .5	
Différence. .		+ 10 .4	Somme. + 32 .5	
			Deux sommes. 65 .0	

Bar. inf^{r}. 662.21. Log.	2.8209957		
Différence des therm. 10°.4 (Tab. 1ere, A positive) .	9.9991662		
	2.8201619		
Bar. sup^{r}. 512.39 Log.	2.7096006		
Différence des logarithmes.	0.1105613	L. 9.0436031	
Coefficient constant, en mètres (Tab. 2, A.)		4.2633046	
Latitude, 42°. (Tab. 2, B.).		0.0001288	
Dim. de la pesanteur pour la différence des log. 0.11 et 65°. (Tab. 3)		0.0013077	
Pour l'élévation de la station inférieure (Tab. 3, B.).		1824	
Température de l'air, $\frac{1000 + 65}{1000} = 1.065$.		0.0273496	
Hauteur relative, en mètres		3.3358762	2167^{m}.08
Élévation absolue de la station de Barèges.			1280 .5
Élévation absolue du Mont-Perdu.			3447^{m}.58

N°. VIII. *Aërostat de Gay-Lussac.*

Température du mercure, et différence des logarithmes au-delà des limites des tables auxiliaires n° 1 et n° 3.

Instruction, p. 178 et 179.

Paris. . . .	765.68	+ 30°.8	+ 30°.8	Latitude, 48°.50′
Aërostat. . .	328.80	− 9 .5	− 9 .5	
Différence.		+ 40 .3	Somme. + 21 .3	
			Deux sommes. 42 .6	

Bar. inf^{r}. 765^{l},68. Log.	2.8840473		
Diff. des therm. 40°.3 (Tab. 1re, A.), pour 30°. .	9.9975993		
pour 10 .3.	9.9991743		
	2.8808209		
Bar. sup^{r}. 328.80. Log.	2.5169318		
Différence des logarithmes.	0.3638891	Log. 9.5609690	
Coefficient constant, en mètres (Tab. 3, A.)		4.2633046	
Latitude, 49°. (Tab. 2, B.).		9.9998285	
Dim. de la pes^{r}. pour 0.36 et 42°.5 (Tab. 3.), savoir, pour 0.26 et 42°.5.		0.0014658	
Différence, 129.7 × 10.		0.0001297	
Température de l'air. $\frac{1000 + 42.6}{1000} = 1.0426$.		0.0181177	
Élévation relative de l'aërostat.		3.8438153	6979.^{m}35
Conversion en toises (Tab. 11,)		9.7101801	
Élévation relative, en toises.		3.5539954	3580^{t}.93
Élévation absolue de la station de Paris, environ.			25 .00
Élévation absolue de l'aérostat.			3605^{t}93

Instruction, *pag.* 178.

N°. IX. — *Etna* (Saussure, Voyages, § 941.).

Catane. . . . . . 28.P1 .13 + 23°.1 + 23°.1
Etna . . . . . . 18.10 .94 + 4 .4 + 4 .4 } Latitude, 38°.

Différence. . . + 18 .7 Somme. + 27 .5
Deux sommes. 55

Bar. infér^{r}. 337^{l}.13 . . . . 2.5277974
Bar. sup^{r}. 226 .94 et 18°.7 (Tab. 4, B.) = 227.73. 2.3559111

Différence des logarithmes. . . . . . . 0.1718863 L. 9.2352418
Coefficient en toises, corrigé de la latitude et de la diminution de la pesanteur (Tab. 2, 3.). 3.9750911
$\frac{1000 + 55}{1000}$ = 1.055. Log. 0.0232525
3.2335854 1712^{t}.32

La formule de Trembley aurait donné 1714^{t}1^{p}.11^{p}. M. Dangos ayant depuis porté le baromètre au sommet de l'Etna, a trouvé avec la même formule 1711 toises 5 pouces. M. de Saussure avait trouvé 1713 toises avec la formule de Shuckburgh.

N°. X. *Aérostat de Gay-Lussac.*

Élévation calculée dans la supposition du manque d'observation correspondante. Voyez *Instruction*, *pag.* 186.

Aérostat. . . . . 32^{c}.8.80 — 9°.5 — 9°.5
Moyenne du thermomètre au niveau de la mer. . . . . + 12 .5 } Latitude, 48°.50′

Différence. . 22 .0
Moyenn. du bar. au niveau de la mer. 76.2.92. Log. 2.8824790
Bar. sup^{r}. 328^{mm}.80 et 22°. = 330.14 (Tab. 4, A.). 2.5186981

Différence des logarithmes . . . . 0.3637809 Log. 9.5608399
Coefficient 18393, corrigé pour le 49e degré. Voy. la table, pag. 37. 4.2644811
Différ. des log. 0.364 × 122 = 44.41
44.41 — 9°.5 = 34°.91 Température au niveau de la mer.
— 9 .50 Temp. supérieure.

Somme des thermomètres. . 25 .41
Double somme. . 50 .82 1.05082 Log. 0.0215284
Hauteur mesurée, en mètres. 3.8468494 7028m.3
Conversion en toises, (Tab. 1re.). 9.7101801
Hauteur absolue, en toises. . . . . 3.5570295 3606^{t}.0

TABLES.

TABLE I[ère]. A.

Pour ramener les Baromètres à la même température.

(*Voyez l'Instruction*, *page* 175.)

Différence des therm.	DIFFÉRENCE POSITIVE.									
	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
0°.	0.000 0000	9920	9840	9759	9679	9599	9519	9438	9358	9278
1.	9.999 9198	9117	9037	8957	8877	8797	8716	8636	8556	8476
2.	8395	8315	8235	8155	8075	7994	7914	7834	7754	7674
3.	7593	7513	7433	7353	7273	7192	7112	7032	6952	6872
4.	6791	6711	6631	6551	6471	6391	6310	6230	6150	6070
5.	5990	5909	5829	5749	5669	5589	5509	5428	5348	5268
6.	5188	5108	5028	4948	4867	4787	4707	4627	4547	4467
7.	4386	4306	4226	4146	4066	3986	3906	3826	3745	3665
8.	3585	3505	3425	3345	3265	3185	3104	3024	2944	2864
9.	2784	2704	2624	2544	2463	2383	2303	2223	2143	2063
10.	1983	1903	1823	1743	1662	1582	1502	1422	1342	1262
11.	1182	1102	1022	0942	0862	0782	0701	0621	0541	0461
12.	0381	0301	0221	0141	0061	9981	9901	9821	9741	9661
13.	9.998 9581	9501	9420	9340	9260	9180	9100	9020	8940	8860
14.	8780	8700	8620	8540	8460	8380	8300	8220	8140	8060
15.	7980	7900	7820	7740	7660	7580	7500	7420	7340	7260
16.	7180	7100	7020	6940	6860	6780	6700	6620	6540	6460
17.	6380	6300	6220	6140	6060	5980	5900	5820	5740	5660
18.	5580	5500	5420	5340	5260	5180	5100	5020	4940	4860
19.	4780	4700	4620	4540	4460	4380	4300	4220	4140	4060
20.	3980	3900	3820	3741	3661	3581	3501	3421	3341	3261
21.	3181	3101	3021	2941	2861	2781	2701	2621	2542	2462
22.	2382	2302	2222	2142	2062	1982	1902	1822	1742	1662
23.	1583	1503	1423	1343	1263	1183	1103	1023	0943	0863
24.	0784	0704	0624	0544	0464	0384	0304	0224	0144	0065
25.	9.997 9985	9905	9825	9745	9665	9585	9505	9426	9346	9266
26.	9186	9106	9026	8946	8867	8787	8707	8627	8547	8467
27.	8387	8308	8228	8148	8068	7988	7908	7829	7749	7669
28.	7589	7509	7429	7350	7270	7190	7910	7030	6950	6871
29.	6791	6711	6631	6551	6471	6392	6312	6232	6152	6072
30.	5993	5913	5833	5753	5673	5594	5514	5434	5354	5274

Dans le cas où l'on emploirait des baromètres montés en laiton, et où l'on voudrait tenir compte de la dilatation du métal, on se contenterait de diminuer la différence des thermomètres d'un dixième.

TABLE 1ère, B.

Pour ramener les Baromètres à la même température.

(*Voyez l'Instruction , page 175.*)

Différence du therm.	DIFFÉRENCE NÉGATIVE.										
		0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
0°.	0.000	0000	0080	0160	0241	0321	0401	0481	0562	0642	0722
1.		0802	0883	0963	1043	1123	1203	1284	1364	1444	1524
2.		1605	1685	1765	1845	1925	2006	2086	2166	2246	2326
3.		2407	2487	2567	2647	2727	2808	2888	2968	3048	3128
4.		3209	3289	3369	3449	3529	3609	3690	3770	3850	3930
5.		4010	4091	4171	4251	4331	4411	4491	4572	4652	4732
6.		4812	4892	4972	5052	5133	5213	5293	5373	5453	5533
7.		5614	5694	5774	5854	5934	6014	6094	6174	6255	6335
8.		6415	6495	6575	6655	6735	6815	6896	6976	7056	7136
9.		7216	7296	7376	7456	7537	7617	7697	7777	7857	7937
10.		8017	8097	8177	8257	8338	8418	8498	8578	8658	8738
11.		8818	8898	8978	9058	9138	9218	9299	9379	9459	9539
12.		9619	9699	9779	9859	9939	0019	0099	0179	0259	0339
13.	0.001	0419	0499	0580	0660	0740	0820	0900	0980	1060	1140
14.		1220	1300	1380	1460	1540	1620	1700	1780	1860	1940
15.		2020	2100	2180	2260	2340	2420	2500	2580	2660	2740
16.		2820	2900	2980	3060	3140	3220	3300	3380	3460	3540
17.		3620	3700	3780	3860	3940	4020	4100	4180	4260	4340
18.		4420	4500	4580	4660	4740	4820	4900	4980	5060	5140
19.		5220	5300	5380	5460	5540	5620	5700	5780	5860	5940
20.		6020	6100	6180	6259	6339	6419	6499	6579	6659	6739
21.		6819	6899	6979	7059	7139	7219	7299	7379	7478	7538
22.		7618	7698	7778	7858	7938	8018	8098	8178	8258	8338
23.		8417	8497	8577	8657	8737	8817	8897	8977	9057	9137
24.		9216	9296	9376	9456	9536	9616	9696	9776	9856	9935
25.	0.002	0015	0095	0175	0255	0335	0415	0495	0574	0654	0734
26.		0814	0894	0974	1054	1133	1213	1293	1373	1453	1533
27.		1613	1692	1772	1852	1932	2012	2092	2171	2251	2331
28.		2411	2491	2571	2650	2730	2810	2890	2970	3050	3129
29.		3209	3289	3369	3449	3529	3608	3688	3768	3848	3928
30.		4007	4087	4167	4247	4327	4406	4486	4566	4646	4726

Dans le cas où l'on emploirait des baromètres montés en laiton, et où l'on voudrait tenir compte de la dilatation du métal, on se contenterait de diminuer la différence des thermomètres d'un dixième.

Coefficient constant,

à la température o°. et au niveau de la mer.

	Logarithmes.		Logarithmes.
En mètres.	4.2633046	En toises anglaises. . .	4.0011424
En toises . . . . . . , .	3.9734847	En pieds rhénans. . .	4.7666129
En vares de Castille. .	4.3411473	En archines de Russie.	4.4047789

B. Logarithmes à ajouter à celui du Coefficient constant,

pour le corriger de l'effet de la latitude. (*Instruction*, p. 176, 178.)

Latitude	Logarithmes	Latitude	Logarithmes	Latitude	Logarithmes	Latitude	Logarithmes
0°	0.0012304	20°	0.000 9429	40	0.000 2139	60	9.999 3835
1	12296	21	9147	41	1714	61	3466
2	12274	22	8854	42	1288	62	3104
3	12237	23	8521	43	0859	63	2752
4	12184	24	8237	44	0430	64	2408
5	12117	25	7913	45	0000	65	2073
6	12035	26	7579	46	9.999 5570	66	1748
7	11939	27	7236	47	9140	67	1432
8	11828	28	6884	48	8712	68	1128
9	11702	29	6524	49	8285	69	0834
10	11563	30	6156	50	7860	70	0551
11	11409	31	5781	51	7438	71	0280
12	11242	32	5398	52	7018	72	0021
13	11060	33	5009	53	6603	73	9.998 9774
14	10866	34	4613	54	6191	74	9539
15	10658	35	4212	55	5784	75	9316
16	10437	36	3806	56	5383	76	9108
17	10203	37	3395	57	4986	77	8911
18	0.0009957	38	2980	58	4596	78	8730
19	9699	39	2561	59	4212	79	8561

Diminution de la pesanteur dans le sens vertical. (*Instruction*, *pag.* 176.)

Différence des logarith.	DOUBLE SOMME DES THERMOMÈTRES. — 10°.	0°.	+10°.	+20°.	+30°.	+40°.	+50°.	+60°.	+70°.	+80°.	+90°.	+100°.	Différence moyenne des termes.
0.005	0.00 10805	10914	11023	11132	11241	11350	11458	11567	11676	11785	11894	12003	108.9
0.01	0.00 10867	10977	11086	11196	11305	11415	11524	11634	11743	11853	11962	12072	109.5
0.02	10990	11102	11212	11323	11433	11545	11655	11766	11876	11988	12098	12209	110.8
0.03	11114	11226	11338	11450	11562	11674	11786	11898	12010	12122	12234	12346	112.0
0.04	11237	11351	11464	11578	11690	11804	11917	12031	12143	12257	12370	12484	113.4
0.05	11361	11476	11590	11705	11819	11934	12048	12163	12277	12392	12506	12621	114.5
0.06	11484	11601	11716	11832	11947	12064	12179	12295	12410	12526	12642	12758	115.8
0.07	11608	11725	11842	11959	12076	12193	12310	12427	12544	12661	12778	12895	117.0
0.08	11731	11850	11968	12086	12204	12323	12441	12559	12677	12796	12914	13032	118.3
0.09	11865	11975	12094	12214	12333	12453	12571	12691	12810	12930	13049	13169	119.5
0.10	11978	12099	12220	12341	12461	12582	12702	12824	12945	13065	13185	13306	120.7
0.11	12102	12224	12346	12468	12590	12712	12835	12956	13077	13200	13321	13444	122.0
0.12	12225	12349	12472	12595	12718	12842	12964	13088	13211	13334	13457	13581	123.3
0.13	12349	12473	12598	12722	12847	12971	13095	13220	13344	13469	13593	13718	124.5
0.14	12472	12598	12724	12850	12975	13101	13226	13352	13478	13604	13729	13855	125.7
0.15	12596	12723	12850	12977	13104	13231	13357	13484	13611	13738	13865	13992	126.9
0.16	12719	12848	12976	13104	13232	13361	13488	13617	13744	13873	14001	14130	128.3
0.17	12842	12972	13101	13231	13360	13490	13619	13749	13878	14008	14137	14267	129.5
0.18	12966	13097	13227	13358	13489	13620	13750	13881	14011	14142	14273	14404	130.7
0.19	13089	13222	13353	13486	13617	13750	13881	14013	14145	14277	14409	14541	132.0
0.20	13213	13346	13479	13613	13746	13879	14012	14145	14278	14412	14545	14678	133.2
0.21	13336	13471	13605	13740	13874	14009	14143	14277	14412	14546	14681	14816	134.5
0.22	13460	13596	13731	13867	14003	14130	14274	14410	14545	14681	14817	14953	135.7
0.23	13583	13720	13857	13994	14131	14268	14405	14542	14679	14816	14953	15090	137.0
0.24	13707	13845	13983	14122	14260	14398	14535	14674	14812	14950	15088	15227	138.2
0.25	13830	13970	14109	14249	14388	14528	14666	14806	14945	15085	15224	15364	139.5
0.26	13954	14095	14235	14376	14517	14658	14797	14938	15079	15220	15360	15501	140.6
0.27	14077	14219	14361	14503	14645	14787	14928	15070	15212	15354	15496	15638	141.9
0.28	14201	14344	14487	14630	14774	14917	15059	15203	15346	15489	15632	15776	143.2
0.29	14324	14469	14613	14758	14902	15047	15190	15335	15479	15624	15768	15912	144.4
0.30	14448	14593	14739	14885	15031	15176	15321	15467	15612	15758	15904	16050	145.6
Différence moyenne des termes.	123.5	124.7	126.0	127.2	128.5	129.7	130.9	132.2	133.4	134.7	135.9	137.2	

TABLE 3. B.

Nombres à ajouter aux Logarithmes précédens, suivant l'élévation absolue de la station inférieure, (*d'après une table de M. Oltmanus.*) *Voyez Instruction*, pag. 177.

Barom. inférieur	Nombres.	Différence.
c. 75	130	825
70	955	869
65	1824	911
60	2735	998
55	3733	1085
50	4818	1215
45	6033	1387
40	7420	

TABLE 4ᵉ, A.

Variation thermométrique du Baromètre.

Baromètre Métrique. (*Instruction*, *pag.* 179 *et* 215.)

Hauteur du Barom.	ETENDUE DE LA VARIATION pour des différences de chaleur de 1°. à 10°. du Th. centigr.									
	1°.	2°.	3°.	4°.	5°.	6°.	7°.	8°.	9°.	10°.
c.	mm.	mm	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
79.	0.15	0.29	0.44	0.58	0.73	0.88	1.12	1.17	1.33	1.46
78.	0.14	0.29	0.43	0.58	0.72	0.86	1.01	1.15	1.30	1.44
77.	0.14	0.28	0.43	0.57	0.71	0.85	1.00	1.14	1.28	1.42
76.	0.14	0.28	0.42	0.56	0.70	0.84	0.98	1.12	1.26	1.40
75.	0.14	0.28	0.42	0.55	0.69	0.83	0.97	1.11	1.25	1.39
74.	0.14	0.27	0.41	0.55	0.68	0.82	0.96	1.09	1.23	1.37
73.	0.13	0.27	0.40	0.54	0.67	0.81	0.94	1.08	1.21	1.35
72.	0.13	0.27	0.40	0.53	0.67	0.80	0.93	1.06	1.20	1.33
71.	0.13	0.26	0.39	0.52	0.66	0.79	0.92	1.05	1.18	1.31
70.	0.13	0.26	0.39	0.52	0.65	0.78	0.91	1.03	1.16	1.29
69.	0.13	0.26	0.38	0.51	0.64	0.77	0.89	1.02	1.15	1.27
68.	0.13	0.25	0.38	0.50	0.63	0.75	0.88	1.00	1.13	1.26
67.	0.12	0.25	0.37	0.50	0.62	0.74	0.87	0.99	1.11	1.24
66.	0.12	0.24	0.37	0.49	0.61	0.73	0.85	0.98	1.10	1.22
65.	0.12	0.24	0.36	0.48	0.60	0.72	0.84	0.96	1.08	1.20
64.	0.12	0.24	0.35	0.47	0.59	0.71	0.83	0.95	1.06	1.18
63.	0.12	0.23	0.35	0.47	0.58	0.70	0.81	0.93	1.05	1.16
62.	0.11	0.23	0.34	0.46	0.57	0.69	0.80	0.92	1.03	1.15
61.	0.11	0.23	0.34	0.45	0.56	0.68	0.79	0.90	1.01	1.13
60.	0.11	0.22	0.33	0.44	0.55	0.67	0.78	0.89	1.00	1.11
59.	0.11	0.22	0.33	0.44	0.55	0.65	0.76	0.87	0.98	1.09
58.	0.11	0.21	0.32	0.43	0.54	0.64	0.75	0.86	0.96	1.07
57.	0.11	0.21	0.32	0.42	0.53	0.63	0.74	0.84	0.95	1.05
56.	0.10	0.21	0.31	0.41	0.52	0.62	0.72	0.83	0.93	1.03
55.	0.10	0.20	0.30	0.41	0.51	0.61	0.71	0.81	0.91	1.02
54.	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
53.	0.10	0.20	0.29	0.39	0.49	0.59	0.69	0.78	0.88	0.98
52.	0.10	0.19	0.29	0.38	0.48	0.58	0.67	0.77	0.86	0.96
51.	0.09	0.19	0.28	0.38	0.47	0.57	0.66	0.75	0.85	0.94
50.	0.09	0.18	0.28	0.37	0.46	0.55	0.65	0.74	0.83	0.92
49.	0.09	0.18	0.27	0.36	0.45	0.54	0.63	0.72	0.81	0.91
48.	0.09	0.18	0.27	0.35	0.44	0.53	0.62	0.71	0.80	0.89
47.	0.09	0.17	0.26	0.35	0.43	0.52	0.61	0.69	0.78	0.87
46.	0.08	0.17	0.25	0.34	0.42	0.51	0.59	0.68	0.76	0.85
45.	0.08	0.17	0.25	0.33	0.42	0.50	0.58	0.67	0.75	0.83
44.	0.08	0.16	0.24	0.33	0.41	0.49	0.57	0.65	0.73	0.81
43.	0.08	0.16	0.24	0.32	0.40	0.48	0.56	0.64	0.72	0.79
42.	0.08	0.16	0.23	0.31	0.39	0.47	0.54	0.62	0.70	0.78
41.	0.08	0.15	0.23	0.30	0.38	0.45	0.53	0.61	0.68	0.76
40.	0.07	0.15	0.22	0.30	0.37	0.44	0.52	0.59	0.67	0.74
39.	0.07	0.14	0.22	0.29	0.36	0.43	0.50	0.58	0.65	0.72
38.	0.07	0.14	0.21	0.28	0.35	0.42	0.49	0.56	0.63	0.70
37.	0.07	0.14	0.21	0.27	0.34	0.41	0.48	[illegible]	0.62	0.68
36.	0.07	0.13	0.20	0.27	0.33	0.40	0.47	0.53	0.60	0.67
35.	0.06	0.13	0.19	0.26	0.32	0.39	0.45	0.52	0.58	0.65
34.	0.06	0.13	0.19	0.25	0.31	0.38	0.44	0.50	0.57	0.63
33.	0.06	0.12	0.18	0.24	0.30	0.37	0.43	0.49	0.55	0.61

TABLE 4e, B.

Variation thermométrique du Baromètre.

Baromètres divisés en pouces et lignes. (*Instruction*, *pag.* 179 *et* 215.)

Hauteur du Baromèt.	ETENDUE DE LA VARIATION pour des différences de chaleur de 1°. à 10°. du therm. centigrade.									
	1°.	2°.	3°.	4°.	5°.	6°.	7°.	8°.	9°	10°.
p. l.	l.	l.	l.	l.	l.	l.	l.	l.	l.	l.
31	0.07	0.14	0.21	0.27	0.34	0.41	0.48	0.55	0.62	0.69
30.6	0.07	0.14	0.20	0.27	0.34	0.41	0.47	0.54	0.61	0.68
30	0.07	0.13	0.20	0.27	0.33	0.40	0.46	0.53	0.60	0.67
29.6	0.06	0.13	0.20	0.26	0.33	0.39	0.46	0.52	0.59	0.65
29	0.06	0.13	0.19	0.26	0.32	0.39	0.45	0.51	0.58	0.64
28.6	0.06	0.13	0.19	0.25	0.32	0.38	0.44	0.51	0.57	0.63
28	0.06	0.12	0.19	0.25	0.31	0.37	0.43	0.50	0.56	0.62
27.6	0.06	0.12	0.18	0.24	0.30	0.37	0.43	0.49	0.55	0.61
27	0.06	0.12	0.18	0.24	0.30	0.36	0.42	0.48	0.54	0.60
26.6	0.06	0.12	0.18	0.24	0.29	0.35	0.41	0.47	0.53	0.59
26	0.06	0.12	0.17	0.23	0.29	0.35	0.40	0.46	0.52	0.58
25.6	0.06	0.11	0.17	0.23	0.28	0.34	0.40	0.45	0.51	0.57
25	0.06	0.11	0.17	0.22	0.28	0.33	0.39	0.44	0.50	0.55
24.6	0.05	0.11	0.16	0.22	0.27	0.33	0.38	0.43	0.49	0.54
24	0.05	0.11	0.16	0.21	0.27	0.32	0.37	0.43	0.48	0.53
23.6	0.05	0.10	0.16	0.21	0.26	0.31	0.36	0.42	0.47	0.52
23	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.31	0.36	0.41	0.46	0.51
22.6	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0,35	0.40	0.45	0.50
22	0.05	0.10	0.15	0.20	0.24	0.29	0.34	0.39	0.44	0.49
21.6	0.05	0.10	0.14	0.19	0.24	0.29	0.33	0.38	0.43	0.48
21	0.05	0.09	0.14	0.19	0.23	0.28	0.33	0.37	0.42	0.47
20.6	0.05	0.09	0.14	0.18	0.23	0.27	0.32	0.36	0.41	0.45
20	0.04	0.09	0.13	0.18	0.22	0.27	0.31	0.35	0.40	0.44
19.6	0.04	0.09	0.13	0.17	0.22	0.26	0.30	0.35	0.39	0.43
19	0.04	0.08	0.13	0.17	0.21	0.25	0.30	0.34	8.38	0.42
18.6	9.04	0.08	0.12	0.16	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41
18	0.04	0.08	0.12	0.16	0.20	0.24	0.28	0.32	0.36	0.40
17.6	0.04	0.08	0.12	0.16	0.19	0.23	0.27	0.31	0.35	0.39
17	0.04	0.08	0.11	0.15	0.19	0.23	0.26	0.30	0.34	0.38
16.6	0.04	0.07	0.11	0.15	0.18	0.22	0.26	0.29	0.33	0.37
16	0.04	0.07	0.11	0.14	0.18	0.21	0.25	0.28	0.32	0.35
15.6	0.03	0.07	0.10	0.14	0.17	0.21	0.24	0.27	0.31	0.34
15	0.03	0.07	0.10	0.13	0.17	0.20	0.23	0.27	0.30	0.33
14.6	0.03	0.06	0.10	0.13	0.16	0.19	0.23	0.26	0.29	0.32
14	0.03	0.06	0.09	0.12	0.16	0.19	0.22	0.25	0.28	0.31
13.6	0.03	0.06	0.09	0.12	0.15	0.18	0.21	0.24	0.27	0.30
13	0.03	0.06	0.09	0.12	0.14	0.17	0.20	0.23	0.26	0.29
12.6	0.03	0.06	0.08	0.11	0.14	0.17	0.19	0.22	0.25	0.28
12	0.03	0.05	0.08	0.11	50.1	0.16	0.19	0.21	0.24	0.27

Pour les Baromètres montés en laiton, on tient compte de la dilatation du métal en diminuant d'un dixième la différence des thermomètres, ou encore mieux en faisant porter la diminution sur l'étendue de la variation. (*Instruction*, pag. 179.)

TABLE 5e.

Variation thermométrique de l'Hygromètre.

Cette table est calculée d'après celle de Saussure. Essais sur l'hygrométrie, §. 90.
(*Instruction*, *pag*. 202 *et* 204.)

VARIATION DE L'HYGROMÈTRE,
pour un degré de Variation dans le thermomètre centigrade.

Degrés de l'hygrom.	Variat pour 1°. de chal.	Degrés de l'hygrom.	Variat. pour 1°. de chal.	Degrés de l'hygrom.	Variat pour 1° de chal.	Degrés de l'hygrom.	Variat pour 1°. de chal.	Degrés de l'hygrom.	Variat pour 1° de chal	Degrés de l'hygrom.	Variat. pour 1°. de chal.
25 0	0.36	41 0	0.79	57 0	1.21	73 0	1.64	89 0	2.29	97 0	1.42
5	0.37	5	0.80	5	1.23	5	1.66	5	2.30	1	1.41
26 0	0.39	42 0	0.81	58 0	1.24	74 0	1.68	90 0	2.32	2	1.39
5	0.40	5	0.83	5	1.25	5	1.70	5	2.33	3	1.37
27 0	0.41	43 0	0.84	59 0	1.27	75 0	1.72	91 0	2.35	4	1.35
5	0.43	5	0.85	5	1.28	5	1.74	5	2.36	5	1.33
28 0	0.44	44 0	0.87	60 0	1.29	76 0	1.76	92 0	2.38	6	1.31
5	0.45	5	0.88	5	1.31	5	1.78	5	2.39	7	1.30
29 0	0.47	45 0	0.89	61 0	1.32	77 0	1.80	93 0	2.41	8	1.28
5	0.48	5	0.91	5	1.33	5	1.82	5	2.42	9	1.26
30 0	0.49	46 0	0.92	62 0	1.35	78 0	1.85	94 0	2.43	98 0	1.24
5	0.51	5	0.93	5	1.36	5	1.87	5	2.45	1	1.22
31 0	0.52	47 0	0.95	63 0	1.37	79 0	1.90	95 0	2.46	2	1.21
5	0.53	5	0.96	5	1.39	5	1.93	1	2.41	3	1.19
32 0	0.55	48 0	0.97	64 0	1.40	80 0	1.95	2	2.36	4	1.17
5	0.56	5	0.99	5	1.41	5	1.97	3	2.30	5	1.15
33 0	0.57	49 0	1.00	65 0	1.43	81 0	2.00	4	2.25	6	1.13
5	0.59	5	1.01	5	1.44	5	2.02	5	2.20	7	1.11
34 0	0.60	50 0	1.03	66 0	1.45	82 0	2.04	6	2.15	8	1.10
5	0.61	5	1.04	5	1.47	5	2.06	7	2.10	9	1.07
35 0	0.63	51 0	1.05	67 0	1.48	83 0	2.08	8	2.05	99 0	1.06
5	0.64	5	1.07	5	1.49	5	2.09	9	1.99	1	1.04
36 0	0.65	52 0	1.08	68 0	1.51	84 0	2.11	96 0	1.94	2	1.02
5	0.67	5	1.09	5	1.52	5	2.13	1	1.89	3	1.00
37 0	0.68	53 0	1.11	69 0	1.53	85 0	2.15	2	1.84	4	0.99
5	0.69	5	1.12	5	1.55	5	2.17	3	1.79	5	0.97
38 0	0.71	54 0	1.13	70 0	1.56	86 0	2.19	4	1.73	6	0.95
5	0.72	5	1.15	5	1.57	5	2.20	5	1.68	7	0.93
39 0	0.73	55 0	1.16	71 0	1.59	87 0	2.22	6	1.63	8	0.91
5	0.75	5	1.17	5	1.60	5	2.24	7	1.58	9	0.90
40 0	0.76	56 0	1.19	72 0	1.61	88 0	2.26	8	1.53	100 0	0.88
5	0.77	5	1.20	5	1.63	5	2.27	9	1.48		

Nota. La variation est en plus, quand la chaleur diminue ; en moins, quand elle augmente.

TABLE 6e.

Abaissemens de la température, qui amènent l'air d'un degré d'humidité donné, au terme de la saturation. — D'après Saussure, Hygr. §. 92. (*Instruction*, *pag.* 202 *et* 204.)

Hygrom.	Th. c.	Hygrom.	Th. c.	Hygrom.	Th. c.	Hygrom.	Th. c.	Hygrom.	Th. c.	Hygrom.	Th. c.
25° 0	72.14	38 0	46.15	51 0	30.95	64 0	20.15	77 0	11.81	90 0	5.47
25	71.45	25	45.80	25	30.71	25	19.98	25	11.67	25	5.37
50	70.75	50	45.44	50	30.47	50	19.80	50	11.53	50	5.26
75	70.06	75	45.09	75	30.23	75	19.62	75	11.40	75	5.15
26 0	69.36	39 0	44.73	52 0	29.99	65 0	19.44	78 0	11.26	91 0	5.04
25	68.72	25	44.39	25	29.76	25	19.26	25	11.12	25	4.94
50	68.07	50	44.05	50	29.53	50	19.09	50	10.99	50	4.83
75	67.42	75	43.71	75	29.30	75	18.91	75	10.85	75	4.73
27 0	66.78	40 0	43.37	53 0	29.07	66 0	18.74	79 0	10.72	92 0	4.62
25	66.17	25	43.04	25	28.84	25	18.57	25	10.58	25	4.51
50	65.57	50	42.71	50	28.62	50	18.39	50	10.45	50	4.41
75	64.96	75	42.38	75	28.39	75	18.22	75	10.32	75	4.30
28 0	64.36	41 0	42.05	54 0	28.16	67 0	18.05	80 0	10.19	93 0	4.20
25	63.79	25	41.74	25	27.94	25	17.88	25	10.06	25	4.10
50	63.22	50	41.42	50	27.72	50	17.71	50	9.93	50	3.99
75	62.65	75	41.10	75	27.50	75	17.54	75	9.81	75	3.89
29 0	62.09	42 0	40.78	55 0	27.28	68 0	17.37	81 0	9.68	94 0	3.78
25	61.55	25	40.47	25	27.07	25	17.21	25	9.55	25	3.68
50	61.01	50	40.17	50	26.85	50	17.04	50	9.43	50	3.58
75	60.48	75	39.86	75	26.64	75	16.88	75	9.30	75	3.48
30 0	59.94	43 0	39.55	56 0	26.42	69 0	16.71	82 0	9.18	95 0	3.37
25	59.43	25	39.25	25	26.21	25	16.55	25	9.05	25	3.27
50	58.93	50	38.96	50	26.00	50	16.38	50	8.93	50	3.17
75	58.42	75	38.66	75	25.79	75	16.22	75	8.81	75	3.07
31 0	57.91	44 0	38.36	57 0	25.58	70 0	16.06	83 0	8.68	96 0	2.97
25	57.43	25	38.07	25	25.37	25	15.90	25	8.56	25	2.84
50	56.95	50	37.79	50	25.16	50	15.74	50	8.44	50	2.71
75	56.47	75	37.50	75	24.96	75	15.58	75	8.32	75	2.58
32 0	55.99	45 0	37.21	58 0	24.75	71 0	15.42	84 0	8.20	97 0	2.45
25	55.53	25	36.93	25	24.55	25	15.26	25	8.08	25	2.28
50	55.08	50	36.65	50	24.35	50	15.10	50	7.96	50	2.10
75	54.62	75	36.37	75	24.15	75	14.94	75	7.85	75	1.92
33 0	54.16	46 0	36.09	59 0	23.95	72 0	14.79	85 0	7.73	98 0	1.75
25	53.72	25	35.80	25	23.75	25	14.63	25	7.61	25	1.55
50	53.29	50	35.55	50	23.55	50	14.48	50	7.50	50	1.35
75	52.85	75	35.27	75	23.35	75	14.32	75	7.38	75	1.15
34 0	52.41	47 0	35.00	60 0	23.16	73 0	14.17	86 0	7.26	99 0	0.94
25	52.00	25	34.74	25	22.96	25	14.01	25	7.15	25	0.71
50	51.58	50	34.47	50	22.77	50	13.86	50	7.03	50	0.47
75	51.16	75	34.21	75	22.58	75	13.71	75	6.92	75	0.24
35 0	50.75	48 0	33.95	61 0	22.38	74 0	13.56	87 0	6.81	100 0	0.00
25	50.35	25	33.69	25	22.19	25	13.41	25	6.69		
50	49.95	50	33.43	50	22.00	50	13.26	50	6.58		
75	49.55	75	33.18	75	21.81	75	13.11	75	6.47		
36 0	49.15	49 0	32.92	62 0	21.62	75 0	12.96	88 0	6.36		
25	48.77	25	32.67	25	21.44	25	12.82	25	6.24		
50	48.39	50	32.42	50	21.25	50	12.67	50	6.13		
75	48.00	75	32.17	75	21.07	75	12.53	75	6.02		
37 0	47.62	50 0	31.92	63 0	20.88	76 0	12.38	89 0	5.91		
25	47.25	25	31.68	25	20.70	25	12.24	25	5.80		
50	46.89	50	31.43	50	20.52	50	12.10	50	5.69		
75	46.52	75	31.19	75	20.34	75	11.95	75	5.58		

TABLE 7e, A.

Evaluation approximative de la quantité d'humidité indiquée par les différens degrés de l'hygromètre.

(*Voyez l'Instruction*, *pag.* 202 *et* 203.)

Nota. Cette table est calculée sur celle de Saussure. Hygrom. §. 180, et pour le cas où le Baromètre est à 27 pouc. — ou 730.89 mm. L'auteur avertit que les quantités d'humidités indiquées, sont un peu trop fortes au-dessous de 15°. de température et au-dessus de 70°. hygr.

POIDS, EN GRAMMES,
de la vapeur aqueuse contenue dans un mètre cube d'air, à différens degrés de l'hygromètre et du thermomètre.

Degrés de l'hygr.	DEGRÉS DU THERMOMÈTRE.								
	−10°. R. −12.5 c.	−5°. R. −6.25 c.	0 0	+5°. R. +6.25 c.	+10°. R. +12.5 c.	+15°. R. +18.75 c.	+20°. R. +25. c.	+25°. R. +31.25 c.	+30°. R. +37.5 c.
40°	1.390	1.715	2.116	2.610	3.220	3.972	4.900	6.046	7.459
45	1.654	2.041	2.518	3.106	3.852	4.641	5.726	7.064	8.715
50	1.890	2.332	2.877	3.549	4.378	5.401	6.663	8.220	10.141
55	2.187	2.698	3.329	4.107	5.067	6.250	7.711	9.513	11.736
60	2.543	3.137	3.870	4.740	5.848	7.214	8.900	10.980	13.546
65	2.976	3.671	4.529	5.587	6.893	8.503	10.490	12.942	15.966
70	3.451	4.259	5.254	6.481	7.995	9.863	12.168	15.012	18.520
75	3.907	4.820	5.946	7.336	9.050	11.165	13.774	16.993	20.964
80	4.363	5.382	6.640	8.191	10.105	12.466	15.380	18.974	23.408
85	4.818	5.946	7.333	9.047	11.160	13.768	16.985	20.958	25.852
90	5.274	6.506	8.045	9.902	12.215	15.070	18.591	22.936	28.296
95	5.725	7.063	8.713	10.757	13.270	16.371	20.197	24.917	30.740
98	6.003	7.405	9.136	11.270	13.903	17.152	21.161	26.106	32.207

B.

Réduction des nombres de la Table précédente, pour différentes hauteurs du Baromètre.

Baromètre métrique.	Baromètre français.	Facteurs des nombres.
c.	p.	
73.0.89	27. 0.00	1.000
63.9.53	23. 7.50	0.933
54.8.17	20. 3.00	0.890
45.6.81	16.10.50	0.826
36.5.44	13. 6.00	0.765
27.4.08	10. 1.50	0.689

TABLE

TABLE 8e. A.

Pour la Concordance des Thermomètres. (*Instruction*, *pag.* 180.)

RÉDUCTION DU THERMOMÈTRE OCTOGÉSIMAL,

DIT DE RÉAUMUR, AU THERMOMÈTRE CENTIGRADE.

Ther. de Réaumur.	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
0°.	0°.00	0.13	0.25	0.38	0.50	0.63	0.75	0.88	1.00	1.13
1.	1.25	1.38	1.50	1.63	1.75	1.88	2.00	2.13	2.25	2.38
2.	2.50	2.63	2.75	2.88	3.00	3.13	3.25	3.38	3.50	3.63
3.	3.75	3.88	4.00	4.13	4.25	4.38	4.50	4.63	4.75	4.88
4.	5.00	5.13	5.25	5.38	5.50	5.63	5.75	5.88	6.00	6.13
5.	6.25	6.38	6.50	6.63	6.75	6.88	7.00	7.13	7.25	7.38
6.	7.50	7.63	7.75	7.88	8.00	8.13	8.25	8.38	8.50	8.63
7.	8.75	8.88	9.00	9.13	9.25	9.38	9.50	9.63	9.75	9.88
8.	10.00	10.13	10.25	10.38	10.50	10.63	10.75	10.88	11.00	11.13
9.	11.25	11.38	11.50	11.63	11.75	11.88	12.00	12.13	12.25	12.38
10.	12.50	12.63	12.75	12.88	13.00	13.13	13.25	13.38	13.50	13.63
11.	13.75	13.88	14.00	14.13	14.25	14.38	14.50	14.63	14.75	14.88
12.	15.00	15.13	15.25	15.38	15.50	15.63	15.75	15.88	16.00	16.13
13.	16.25	16.38	16.50	16.63	16.75	16.88	17.00	17.13	17.25	17.38
14.	17.50	17.63	17.75	17.88	18.00	18.13	18.25	18.38	18.50	18.63
15.	18.75	18.88	19.00	19.13	19.25	19.38	19.50	19.63	19.75	19.88
16.	20.00	20.13	20.25	20.38	20.50	20.63	20.75	20.88	21.00	21.13
17.	21.25	21.38	21.50	21.63	21.75	21.88	22.00	22.13	22.25	22.38
18.	22.50	22.63	22.75	22.88	23.00	23.13	23.25	23.38	23.50	23.63
19.	23.75	23.88	24.00	24.13	24.25	24.38	24.50	24.63	24.75	24.88
20.	25.00	25.13	25.25	25.38	25.50	25.63	25.75	25.88	26.00	26.13
21.	26.25	26.38	26.50	26.63	26.75	26.88	27.00	27.13	27.25	27.38
22.	27.50	27.63	27.75	27.88	28.00	28.13	28.25	28.38	28.50	28.63
23.	28.75	28.88	29.00	29.13	29.25	29.36	29.50	29.63	29.75	29.88
24.	30.00	30.13	30.25	30.38	30.50	30.63	30.75	30.88	31.00	31.13
25.	31.25	31.38	31.50	31.63	31.75	31.88	32.00	32.13	32.25	32.38
26.	32.50	32.63	32.75	32.88	33.00	33.13	33.25	33.38	33.50	33.63
27.	33.75	33.88	34.00	34.13	34.25	34.38	34.50	34.63	34.75	34.88
28.	35.00	35.13	35.25	35.38	35.50	35.63	35.75	35.88	36.00	36.13
29.	36.25	36.38	36.50	36.63	36.75	36.88	37.00	37.13	37.25	37.38
30.	37.50	37.63	37.75	37.88	38.00	38.13	38.25	38.38	38.50	38.63
31.	38.75	38.88	39.00	39.13	39.25	39.38	39.50	39.63	39.75	39.88
32.	40.00	40.13	40.25	40.38	40.50	40.63	40.75	40.88	41.00	41.13

Pour la Concordance des Thermomètres. (*Instruction*, pag. 180.)

RÉDUCTION

du Thermomètre de Fahrenheit au Thermomètre Centigrade.

Fahrenh.	Centigr.	Fahrenh.	Centigr.	Fahrenh.	Centigr.	Fahrenh.	Centigr.
0°	—17.78	+27°	— 2.78	+54°	+12.22	+81°	+27.22
+ 1	—17.22	28	— 2.22	55	12.78	82	27.78
2	—16.67	29	— 1.67	56	13.33	83	28.33
3	—16.11	30	— 1.11	57	13.89	84	28.89
4	—15.56	31	— 0.56	58	14.44	85	29.44
5	—15.00	32	0.00	59	15.00	86	30.00
6	—14.44	33	+ 0.56	60	15.56	87	30.56
7	—13.89	34	1.11	61	16.11	88	31.11
8	—13.33	35	1.67	62	16.67	89	31.67
9	—12.78	36	2.22	63	17.22	90	32.22
10	—12.22	37	2.78	64	17.78	91	32.78
11	—11.67	38	3.33	65	18.33	92	33.33
12	—11.11	39	3.89	66	18.89	93	33.89
13	—10.56	40	4.44	67	19.44	94	34.44
14	—10.00	41	5.00	68	20.00	95	35.00
15	— 9.44	42	5.56	69	20.56	96	35.56
16	— 8.89	43	6.11	70	21.11	97	36.11
17	— 8.33	44	6.67	71	21.67	98	36.67
18	— 7.78	45	7.22	72	22.22	99	37.22
19	— 7.22	46	7.78	73	22.78	100	37.78
20	— 6.67	47	8.83	74	23.33	101	38.33
21	— 6.11	48	8.89	75	23.89	102	38.89
22	— 5.56	49	9.44	76	24.44	103	39.44
23	— 5.00	50	10.00	77	25.00	104	40.00
24	— 4.44	51	10.56	78	25.56		
25	— 3.89	52	11.11	79	26.11		
26	— 3.33	53	11.67	80	26.67		

Nota. Cette table sert également pour les degrés de Fahrenheit au dessous de zéro. Il suffit d'ajouter le nombre de ces degrés au nombre 64, et donner le signe négatif aux degrés du therm. cent. indiqués en regard de cette somme.

Exemple. Le thermomètre de Fahrenheit indique —20°. Tout consiste à ajouter ce nombre à 64, et vis-à-vis le degré 84 de Fahrenheit; on trouve dans la colonne du thermomètre centigrade, 28.89 qui se lit avec le signe *moins*.

Parties proportionnelles.

0.1	0.06	0.6	0.33
0.2	0.11	0.7	0.39
0.3	0.17	0.8	0.44
0.4	0.22	0.9	0.50
0.5	0.28		

Pour la Concordance des Thermomètres. (*Instruction*, pag. 180.)

REDUCTION
du Thermomètre de Deluc, pour la correction de la température du Mercure, au Thermomètre Centigrade.

Deluc	Centigr.	Deluc.	Centigr.	Deluc.	Centigr.	Deluc.	Centigr.
+30	−18.75	+14	− 2.08	0	+12.50	−16	+29.17
29	17.71	13	1.04	− 1	13.54	17	30.21
28	16.67	12	0.00	2	14.58	18	31.25
27	15.62	11	+ 1.04	3	15.62	19	32.29
26	14.58	10	2.08	4	16.67	20	33.33
25	13.54	9	3.13	5	17.71	21	34.37
24	12.50	8	4.17	6	18.75	22	35.42
23	11.46	7	5.21	7	19.79	23	36.46
22	10.42	6	6.25	8	20.83	24	37.50
21	9.38	5	7.29	9	21.87	25	38.54
20	8.33	4	8.33	10	22.92	26	39.58
19	7.29	3	9.38	11	23.96	27	40.62
18	6.25	2	10.42	12	25.00	28	41.67
17	5.21	1	11.46	13	26.04	29	42.71
16	4.17	0	12.50	14	27.08	30	43.75
15	3.13			15	28.12		

Parties proportionnelles.

0.1	0.10	0.6	0.62
0.2	0.21	0.7	0.73
0.3	0.31	0.8	0.83
0.4	0.42	0.9	0.94
0.5	0.52		

TABLE 9e.

(*Voyez* pag. 180, 181.)

A.

CONVERSION des 16es de ligne en centièmes.	
Seizièmes.	Ligne.
1.	0.06
2.	0.13
3.	0.19
4.	0.25
5.	0.31
6.	0.38
7.	0.44
8.	0.50
9.	0.56
10.	0.63
11.	0.69
12.	0.75
13.	0.81
14.	0.88
15.	0.94
$\frac{1}{4}$	0.02
$\frac{1}{2}$	0.03
$\frac{3}{4}$	0.05

B.

CONVERSION des 12es de ligne en centièmes.	
Douzièmes.	Ligne.
1.	0.08
2.	0.17
3.	0.25
4.	0.33
5.	0.42
6.	0.50
7.	0.58
8.	0.67
9.	0.75
10.	0.83
11.	0.92
$\frac{1}{4}$	0.02
$\frac{1}{2}$	0.04
$\frac{3}{4}$	0.06

C.

TABLE des dépressions du mercure dans le baromètre, dues à sa capillarité.	
Diam. intérieur des tubes, en millimètres.	Dépressions en millimètres.
2	4.5599
3	2.9023
4	2.0388
5	1.5055
6	1.1482
7	0.8613
8	0.6851
9	0.5354
10	0.4201
11	0.3506
12	0.2602
13	0.2047
14	0.1597
15	0.1245
16	0.0970
17	0.0754
18	0.0586
19	0.0430
20	0.0352

Pour la concordance des principales échelles barométriques.

A. Baromètre anglais.

BAROMÈTRE			BAROMÈTRE			BAROMÈTRE		
Anglais.	Français.	Métrique.	Anglais.	Français.	Métrique.	Anglais.	Français.	Métrique.
p. l.	p. l.	c.	p. l.	p. l.	c.	p. l.	p. l.	c.
30 11	29 0.11	78 5.28	27 11	26 2.33	70 9.08	24 11	23 4.55	63 2.88
10	28 11.17	3.16	10	1.39	6.96	10	3.61	63 0.76
9	10.23	78 1.04	9	26 0.45	4.84	9	2.68	62 8.64
8	9.30	77 8.93	8	25 11.52	2.73	8	1.74	6.53
7	8.36	6.81	7	10.58	70 1.61	7	23 0.80	4.41
6	7.42	4.69	6	9.64	69 8.49	6	22 11.86	2.29
5	6.48	2.58	5	8.70	6.38	5	10.92	62 0.18
4	5.54	77 0.46	4	7.76	4.26	4	9.98	61 8.06
3	4.60	76 8.34	3	6.82	2.14	3	9.05	5.94
2	3.67	6.23	2	5.89	69 0.03	2	8.11	3.83
1	2.73	4.11	1	4.95	68 7.91	1	7.17	61 1.71
30 0	1.79	76 1.99	27 0	4.01	5.79	24 0	6.23	60 9.59
29 11	28 0.85	75 9.88	26 11	3.07	3.68	23 11	5.29	7.48
10	27 11.91	7.76	10	2.13	68 1.56	10	4.35	5.36
9	10.97	5.64	9	1.20	67 9.44	9	3.42	3.24
8	10.04	3.53	8	25 0.26	7.33	8	2.48	60 1.13
7	9.10	75 1.41	7	24 11.32	5.21	7	1.54	59 9.01
6	8.16	74 9.29	6	10.38	3.09	6	22 0,60	6.89
5	7.22	7.18	5	9.44	67 0.98	5	21 11.66	4.78
4	6.28	5.06	4	8.50	66 8.86	4	10.73	2.66
3	5.34	2.94	3	7.57	6.74	3	9.79	59 0.54
2	4.41	74 0.83	2	6.63	4.63	2	8.85	58 8.43
1	3.47	73 8.71	1	5.69	2.51	1	7.91	6.31
29 0	2.53	6.59	26 0	4.75	66 0.39	23 0	6.97	4.19
28 11	1.59	4.48	29 11	3.81	65 8.28	22 11	6.03	58 2.08
10	27 0.65	2.36	10	2.87	6.16	10	5.09	57 9.96
9	26 11.71	73 0.24	9	1.94	4.04	9	4.16	7.84
8	10.78	72 8.13	8	1.00	65 1.93	8	3.22	5.73
7	9.84	6.01	7	24 0.06	64 9.81	7	2.28	3.61
6	8.90	3.89	6	23 11.12	7.69	6	1.34	57 1.49
5	7.96	72 1.78	5	10.18	5.58	5	21 0.40	56 9.38
4	7.02	71 9.66	4	9.24	3.46	4	20 11.47	7.26
3	6.08	7.54	3	8.31	64 1.34	3	10.53	5.14
2	5.15	5.43	2	7.37	63 9.23	2	9.59	3.03
1	4.21	3.31	1	6.43	7.11	1	8.65	56 0.91
28 0	26 3.27	71 1.19	25 0	23 5.49	63 4.99	22 0	20 7.71	55 8.80

Parties proportionnelles.

B. Anglais.	B. Français.	B. Métrique.
l.	l.	mm.
0.1	0.09	0.21
0.2	0.19	0.42
0.3	0.28	0.64
0.4	0.38	0.85
0.5	0.47	1.06
0.6	0.56	1.27
0.7	0.66	1.48
0.8	0.75	1.69
0.9	0.84	1.91

A. Baromètre Anglais.

SUITE.

BAROMÈTRE			BAROMÈTRE			BAROMÈTRE		
Anglais.	Français.	Métrique.	Anglais.	Français.	Métrique.	Anglais.	Français.	Métrique.
p. l.	p. l.	c.	p. l.	p. l.	c.	p. l.	p. l.	c.
21 11	20 6.77	55 6.68	18 11	17 8.99	48 0.48	15 11	14 11.22	40 4.28
10	5.84	4.56	10	8.06	47 8.36	10	10.28	2.16
9	4.90	2.45	9	7.12	6.25	9	9.34	40 0.05
8	3.96	55 0.33	8	6.18	4.13	8	8.40	39 7.93
7	3.02	54 8.21	7	5.24	47 2.01	7	7.46	5.81
6	2.08	6.10	6	4.30	46 9.90	6	6.52	3.70
5	1.14	3.98	5	3.37	7.78	5	5.59	39 1.58
4	20 0.21	54 1.86	4	2.43	5.66	4	4.65	38 9.46
3	19 11.27	53 9.75	3	1.49	3.55	3	3.71	7.35
2	10.33	7.63	2	17 0.55	46 1.43	2	2.77	5.23
1	9.39	5.51	1	16 11.61	45 9.31	1	1.83	3.11
21 0	8.45	3.40	18 0	10.67	7.20	15 0	14 0.89	38 1.00
20 11	7.51	53 1.28	17 11	9.74	5.08	14 11	13 11.96	37 8.88
10	6.58	52 9.16	10	8.80	2.96	10	11.02	6.76
9	5.64	7.05	9	7.86	45 0.85	9	10.08	4.65
8	4.70	4.93	8	6.92	44 8.73	8	9.14	2.53
7	3.76	2.81	7	5.98	6.61	7	8.20	37 0.41
6	2.82	52 0.70	6	5.04	4.50	6	7.26	36 8.30
5	1.88	51 8.58	5	4.11	2.38	5	6.33	6.18
4	0.95	6.46	4	3.17	44 0.26	4	5.39	4.06
3	19 0.01	4.35	3	2.23	43 8.15	3	4.45	36 1.95
2	18 11.07	[illegible]	2	[illegible]	6.03	2	[illegible]	[illegible]
1	10.13	51 0.11	1	16 0.35	3.91	1	2.57	7.71
20 0	9.19	50 8.00	17 0	15 11.41	43 1.80	14 0	13 1.64	5.60
19 11	8.25	5.88	16 11	10.48	42 9.68	13 11	0.70	3.48
10	7.32	3.76	10	9.54	7.56	10	12 11.76	35 1.36
9	6.38	50 1.65	9	8.60	5.45	9	10.82	34 9.25
8	5.44	49 9.53	8	7.66	3.33	8	9.88	7.13
7	4.50	7.41	7	6.72	42 1.21	7	8.94	5.02
6	3.56	5.30	6	5.78	41 9.10	6	8.01	2.90
5	2.62	3.18	5	4.85	6.98	5	7.07	34 0.78
4	1.69	49 1.06	4	3.91	4.86	4	6.13	33 8.66
3	18 0.75	48 8.95	3	2.97	2.75	3	5.19	6.55
2	17 11.81	6.83	2	2.03	41 0.63	2	4.25	4.43
1	10.87	4.71	1	1.09	40 8.51	1	3.31	2.32
19 0	17 9.93	2.60	16 0	15 0.15	40 6.40	13 0	12 2.38	33 0.20

Parties proportionnelles.		
B. Anglais.	B. Français.	B. Métrique.
l.	l.	mm.
0.1	0.09	0.21
0.2	0.19	0.42
0.3	0.28	0.64
0.4	0.38	0.85
0.5	0.47	1.06
0.6	0.56	1.27
0.7	0.66	1.48
0.8	0.75	1.69
0.9	0.84	1.91

TABLE 10e.

Pour la Concordance des principales échelles barométriques.

B. Baromètre Français.

BAROMÈTRE			BAROMÈTRE			BAROMÈTRE		
Français.	Anglais.	Métrique.	Français.	Anglais.	Métrique.	Français.	Anglais.	Métrique.
p. l.	p. l.	c.	p. l.	p. l.	c.	p. l.	p. l.	c.
28 11	30 9.82	78 2.77	25 11	27 7.45	70 1.56	22 11	24 5.08	62 0.85
10	8.75	78 0.52	10	6.38	69 9.31	10	4.02	61 8.10
9	7.69	77 8.26	9	5.32	7.05	9	2.95	5.84
8	6.62	6.01	8	4.25	4.80	8	1.89	3.59
7	5.55	3.75	7	3.19	2.54	7	24 0.82	61 1.33
6	4.49	77 1.49	6	2.12	69 0.28	6	23 11.75	60 9.07
5	3.42	76 9.24	5	27 1.06	68 8.03	5	10.69	6.82
4	2.36	6.98	4	26 11.99	5.77	4	9.62	4.56
3	1.29	4.73	3	10.92	3.52	3	8.56	2.31
2	30 0.23	2.47	2	9.86	68 1.26	2	7.49	60 0.05
1	29 11.16	76 0.21	1	8.79	67 9.01	1	6.43	59 7.80
28 0	10.09	75 7.96	25 0	7.73	6.75	22 0	5.36	5.54
27 11	9.03	5.70	24 11	6.66	4.49	21 11	4.29	3.28
10	7.96	3.45	10	5.60	67 2.24	10	3.23	59 1.03
9	6.90	75 1.19	9	4.53	66 9.98	9	2.16	58 8.77
8	5.83	74 8.94	8	3.46	7.73	8	1.10	6.52
7	4.77	6.68	7	2.40	5.47	7	23 0.03	4.26
6	3.70	4.42	6	1.33	3.21	6	22 10.97	58 2.00
5	2.63	74 2.17	5	26 0.27	66 0.96	5	9.90	57 9.75
4	1.57	73 9.91	4	25 11.20	65 8.70	4	8.83	7.49
3	29 0.50	7.66	3	10.14	6.45	3	7.77	5.24
2	28 11.44	5.40	2	9.07	4.19	2	6.70	2.98
1	10.37	3.15	1	8.00	65 1.94	1	5.64	57 0.73
27 0	9.31	73 0.89	24 0	6.94	64 9.68	21 0	4.57	56 8.47
26 11	8.24	72 8.63	23 11	5.87	7.42	20 11	3.51	6.21
10	7.17	6.38	10	4.81	5.17	10	2.44	3.96
9	6.11	4.12	9	3.74	2.91	9	1.37	56 1.70
8	5.04	72 1.87	8	2.68	64 0.66	8	22 0.31	55 9.45
7	3.98	71 9.61	7	1.61	63 8.40	7	21 11.24	7.19
6	2.91	7.35	6	25 0.54	6.14	6	10.18	4.93
5	1.85	5.10	5	24 11.48	3.89	5	9.11	2.68
4	28 0.78	2.84	4	10.41	63 1.63	4	8.05	55 0.42
3	27 11.71	71 0.59	3	9.35	62 9.38	3	6.98	54 8.17
2	10.65	70 8.33	2	8.28	7.12	2	5.91	5.91
1	9.58	6.08	1	7.22	4.87	1	4.85	3.66
26 0	27 8.52	70 3.82	23 0	24 6.15	62 2.61	20 0	21 3.78	54 1.40

Parties proportionnelles.

B. Français.	B. Anglais.	B. Métrique.
l.	l.	mm.
0.1	0.11	0.23
0.2	0.21	0.45
0.3	0.32	0.68
0.4	0.43	0.90
0.5	0.53	1.13
0.6	0.64	1.35
0.7	0.75	1.58
0.8	0.85	1.80
0.9	0.96	2.03

B. Baromètre Français.

SUITE.

BAROMÈTRE			BAROMÈTRE			BAROMÈTRE		
Français.	Anglais.	Métrique.	Français.	Anglais.	Métrique.	Français.	Anglais.	Métrique.
p. l.	p. l.	c.	p. l.	p. l.	c.	p. l.	p. l.	c.
19 11	21 2.72	53 9.14	16 11	18 0.35	45 7.93	13 11	14 9.98	37 6.72
10	1.65	6.89	10	17 11.28	6.68	10	8.92	4.47
9	21 0.58	4.63	9	10.22	3.42	9	7.85	37 2.21
8	20 11.52	2.38	8	9.15	45 1.17	8	6.78	36 9.96
7	10.45	53 0.12	7	8.09	44 8.91	7	5.72	7.70
6	9.39	52 7.86	6	7.02	6.65	6	4.65	5.44
5	8.32	5.61	5	5.95	4.40	5	3.59	3.19
4	7.26	3.35	4	4.89	44 2.14	4	2.52	36 0.93
3	6.19	52 1.10	3	3.82	43 9.89	3	1.46	35 8.68
2	5.12	51 8.84	2	2.76	7.63	2	14 0.39	6.42
1	4.06	6.59	1	1.69	5.38	1	13 11.32	4.17
19 0	2.99	4.33	16 0	17 0.63	3.12	13 0	10.26	35 1.91
18 11	1.93	51 2.07	15 11	16 11.56	43 0.86	12 11	9.19	34 9.65
10	20 0.86	50 9.82	10	10.49	42 8.61	10	8.13	7.40
9	19 11.80	7.56	9	9.43	6.35	9	7.06	5.14
8	10.73	5.31	8	8.36	4.10	8	6.00	2.89
7	9.66	3.05	7	7.30	42 1.84	7	4.93	34 0.63
6	8.60	50 0.79	6	6.23	41 9.58	6	3.86	33 8.37
5	7.53	49 8.54	5	5.17	7.33	5	2.80	6.12
4	6.47	6.28	4	4.10	5.07	4	1.73	3.86
3	5.40	4.03	3	3.03	2.82	3	13 0.67	33 1.61
2	4.33	49 1.77	2	1.97	41 0.56	2	12 11.60	32 9.35
1	3.27	48 9.52	1	16 0.90	40 8.31	1	10.54	7.10
18 0	2.20	7.26	15 0	15 11.84	6.05	12 0	12 9.47	32 4.84
17 11	1.14	5.00	14 11	10.77	3.79			
10	19 0.07	2.75	10	9.70	40 1.54			
9	18 11.01	48 0.49	9	8.64	39 9.28			
8	9.94	47 8.24	8	7.57	7.03			
7	8.87	5.98	7	6.51	4.77			
6	7.81	3.72	6	5.44	2.51			
5	6.74	47 1.47	5	4.38	39 0.26			
4	5.68	46 9.21	4	3.31	38 8.00			
3	4.61	6.96	3	2.24	5.75			
2	3.55	4.70	2	1.18	3.49			
1	2.48	2.45	1	15 0.11	38 1.24			
17 0	18 1.41	46 0.19	14 0	14 11.05	37 8.98			

Parties proportionnelles.

B. Français.	B. Anglais.	B. Métrique.
l.	l.	mm.
0.1	0.11	0.22
0.2	0.21	0.45
0.3	0.32	0.68
0.4	0.43	0.90
0.5	0.53	1.13
0.6	0.64	1.35
0.7	0.75	1.58
0.8	0.85	1.80
0.9	0.96	2.03

TABLE 10e. C.

Pour la concordance du Baromètre métrique.

BAROMÈTRE						BAROMÈTRE						BAROMÈTRE					
Métr.		Français.		Anglais.		Métr.		Français.		Anglais.		Métr.		Français.		Anglais.	
c.		p.		p.		c.		p.		p.		c.		p.		p.	
78	9	29	1.76	31	0.76	73	9	27	3.60	29	1.14	68	9	25	5.43	27	1.52
	8		1.32	31	0.29		8		3.15		0.66		8		4.99		1.04
	7		0.87	30	11.82		7		2.71	29	0.19		7		4.54		0.57
	6	29	0.43		11.34		6		2.27	28	11.72		6		4.10	27	0.10
	5	28	11.99		10.87		5		1.82		11.25		5		3.66	26	11.63
	4		11.54		10.40		4		1.38		10.77		4		3.21		11.25
	3		11.10		9.93		3		0.94		10.30		3		2.77		10.68
	2		10.66		9.45		2		0.49		9.83		2		2.33		10.21
	1		10.21		8.98		1	27	0.05		9.36		1		1.88		9.74
78	0		9.77		8.51	73	0	26	11.61		8.89	68	0		1.44		9.26
77	9		9.33		8.04	72	9		11.16		8.41	67	9		1.00		8.79
	8		8.88		7.56		8		10.72		7.94		8		0.55		8.32
	7		8.44		7.09		7		10.28		7.47		7	25	0.11		7.85
	6		8.00		6.62		6		9.83		7.00		6	24	11.67		7.37
	5		7.55		6.15		5		9.39		6.52		5		11.23		6.90
	4		7.11		5.67		4		8.95		6.05		4		10.78		6.43
	3		6.67		5.20		3		8.50		5.58		3		10.34		5.96
	2		6.23		4.73		2		8.06		5.11		2		9.90		5.48
	1		5.78		4.26		1		7.62		4.63		1		9.45		5.01
77	0		5.34		3.78	72	0		7.17		4.16	67	0		9.01		4.54
76	9		4.90		3.31	71	9		6.73		3.69	66	9		8.57		4.07
	8		4.45		2.84		8		6.29		3.22		8		8.12		3.59
	7		4.01		2.37		7		5.84		2.73		7		7.68		3.12
	6		3.57		1.89		6		5.40		2.27		6		7.24		2.65
	5		3.12		1.42		5		4.96		1.80		5		6.79		2.18
	4		2.68		0.95		4		4.51		1.33		4		6.35		1.70
	3		2.24		0.48		3		4.07		0.85		3		5.91		1.23
	2		1.79	30	0.00		2		3.63	28	0.38		2		5.46		0.76
	1		1.35	29	11.53		1		3.18	27	11.91		1		5.02	26	0.29
76	0		0.91		11.06	71	0		2.74		11.44	66	0		4.58	25	11.81
75	9		0.46		10.59	70	9		2.30		10.96	65	9		4.13		11.34
	8	28	0.02		10.11		8		1.85		10.49		8		3.69		10.87
	7	27	11.58		9.64		7		1.41		10.02		7		3.25		10.40
	6		11.13		9.17		6		0.97		9.55		6		2.80		9.92
	5		10.69		8.70		5		0.52		9.07		5		2.36		9.45
	4		10.25		8.22		4	26	0.08		8.60		4		1.92		8.98
	3		9.80		7.75		3	25	11.64		8.13		3		1.47		8.51
	2		9.36		7.28		2		11.19		7.66		2		1.03		8.03
	1		8.92		6.81		1		10.75		7.18		1		0.59		7.56
75	0		8.47		6.33	70	0		10.31		6.71	65	0	24	0.14		7.09
74	9		8.03		5.86	69	9		9.86		6.24	64	9	23	11.70		6.62
	8		7.59		5.39		8		9.42		5.77		8		11.26		6.14
	7		7.14		4.92		7		8.98		5.30		7		10.81		5.67
	6		6.70		4.44		6		8.53		4.82		6		10.37		5.20
	5		6.26		3.97		5		8.09		4.35		5		9.93		4.73
	4		5.81		3.50		4		7.65		3.88		4		9.48		4.25
	3		5.37		3.03		3		7.20		3.41		3		9.04		3.78
	2		4.93		2.55		2		6.76		2.93		2		8.60		3.31
	1		4.48		2.08		1		6.32		2.46		1		8.15		2.84
74	0	27	4.04	29	1.61	69	0	25	5.87	27	1.99	64	0	23	7.71	25	2.37

Parties proportionnelles.

B. métriq.	B. Français.	B. Anglais.
mm.	l.	l.
0.1	0.04	0.05
0.2	0.09	0.09
0.3	0.13	0.14
0.4	0.18	0.19
0.5	0.22	0.24
0.6	0.27	0.28
0.7	0.31	8.33
0.8	0.35	0.38
0.9	0.40	0.43

BAROMÈTRE			BAROMÈTRE			BAROMETRE		
Métr.	Français.	Anglais.	Métr.	Français.	Anglais.	Métr.	Français.	Anglais.
c.	p.	p.	c.	p.	p.	c.	p.	p.
63 9	23 7.27	25 1.89	58 5	21 7.33	23 0.38	53 1	19 7.39	20 10.87
8	6.82	1.40	4	6.89	22 11.91	0	6.95	10.40
7	6.38	0.95	3	6.44	11.44	52 9	6.50	9.92
6	5.94	0.48	2	6.00	10.96	8	6.06	9.45
5	5.49	25 0.00	1	5.56	10.49	7	5.62	8.98
4	5.05	24 11.53	58 0	5.11	10.02	6	5.17	8.51
3	4.61	11.06	57 9	4.67	9.55	5	4.73	8.03
2	4.16	10.59	8	4.23	9.07	4	4.29	7.56
1	3.72	10.11	7	3.78	8.60	3	3.84	7.09
63 0	3.28	9.64	6	3.34	8.13	2	3.40	6.62
62 9	2.83	9.17	5	2.90	7.66	1	2.96	6.14
8	2.39	8.70	4	2.45	7.18	52 0	2.51	5.67
7	1.95	8.22	3	2.01	6.71	51 9	2.07	5.20
6	1.50	7.75	2	1.57	6.24	8	1.63	4.73
5	1.06	7.28	1	1.12	5.77	7	1.18	4.26
4	0.62	6.81	57 0	0.68	5.29	6	0.74	3.78
3	23 0.17	6.32	56 9	21 0.24	4.82	5	19 0.30	3.31
2	22 11.73	5.86	8	20 11.79	4.35	4	18 11.85	3.24
1	11.29	5.39	7	11.35	3.88	3	11.41	2.37
62 0	10.84	4.92	6	10.91	3.40	2	10.97	1.89
61 9	10.40	4.44	5	10.46	2.93	1	10.52	1.42
8	9.96	3.97	4	10.02	2.46	51 0	10.08	0.95
7	9.51	3.50	3	9.58	1.99	50 9	9.64	0.48
6	9.07	3.03	2	9.13	1.51	8	9.19	20 0.00
5	8.63	2.55	1	8.69	1.04	7	8.75	19 11.53
4	8.18	2.08	56 0	8.25	0.57	6	8.31	11.06
3	7.74	1.61	55 9	7.80	22 0.10	5	7.87	10.59
2	7.30	1.14	8	7.36	21 11.62	4	7.42	10.11
1	6.85	0.66	7	6.92	11.15	3	6.98	9.64
61 0	6.41	24 0.19	6	6.47	10.68	2	6.54	9.17
60 9	5.97	23 11.72	5	6.03	10.21	1	6.09	8.70
8	5.52	11.25	4	5.59	9.73	50 0	5.65	8.22
7	5.08	10.78	3	5.14	9.26	49 9	5.21	7.75
6	4.64	10.30	2	4.70	8.79	8	4.76	7.28
5	4.20	9.83	1	4.26	8.32	7	4.32	6.81
4	3.75	9.36	55 0	3.81	7.84	6	3.88	6.33
3	3.31	8.89	54 9	3.37	7.37	5	3.43	5.86
2	2.87	8.41	8	2.93	6.90	4	2.99	5.39
1	2.42	7.94	7	2.48	6.43	3	2.55	4.92
60 0	1.98	7.47	6	2.04	5.96	2	2.10	4.44
59 9	1.54	7.00	5	1.60	5.48	1	1.66	3.97
8	1.09	6.52	4	1.15	5.01	49 0	1.22	3.50
7	0.65	6.05	3	0.71	4.54	48 9	0.77	3.03
6	22 0.21	5.58	2	20 0.27	4.07	8	18 0.33	2.55
5	21 11.76	5.11	1	19 11.82	3.59	7	17 11.89	2.08
4	11.32	4.63	54 0	11.38	3.12	6	11.44	1.61
3	10.88	4.16	53 9	10.94	2.65	5	11.00	1.14
2	10.43	3.69	8	10.49	2.18	4	10.56	0.66
1	9.99	3.22	7	10.05	1.70	3	10.11	19 0.19
59 0	9.55	2.74	6	9.61	1.23	2	9.67	18 11.72
58 9	9.10	2.27	5	9.16	0.76	1	9.23	11.25
8	8.66	1.80	4	8.72	21 0.29	48 0	8.78	10.77
7	8.22	1.33	3	8.28	20 11.81	47 9	8.34	10.30
58 6	21 7.77	23 0.85	53 2	19 7.83	20 11.34	47 8	17 7.90	18 9.83

Parties proportionnelles.

B. métriq.	B. Français.	B. Anglais.
mm.	l.	l.
0.1	0.04	0.05
0.2	0.09	0.09
0.3	0.13	0.14
0.4	0.18	0.19
0.5	0.22	0.24
0.6	0.27	0.28
0.7	0.31	0.33
0.8	0.35	0.38
0.9	0.40	0.43

BAROMÈTRE			BAROMÈTRE			BAROMÈTRE		
Métr.	Français.	Anglais.	Métr.	Français.	Anglais.	Métr.	Français.	Anglais.
c.	p.	p.	c.	p.	p.	c.	p.	p.
47 7	17 7.45	18 9.36	42 3	15 7.51	16 7.85	36 9	13 7.58	14 6.37
6	7.01	8.88	2	7.07	7.37	8	7.13	5.86
5	6.57	8.41	1	6.63	6.90	7	6.69	5.39
4	6.12	7.94	42 0	6.18	6.43	6	6.25	4.92
3	5.68	7.47	41 9	5.74	5.96	5	5.80	4.44
2	5.24	6.99	8	5.30	5.48	4	5.36	3.97
1	4.79	6.52	7	4.85	5.01	3	4.92	3.50
47 0	4.35	6.05	6	4.41	4.54	2	4.47	2.03
46 9	3.91	5.58	5	3.97	4.17	1	4.03	2.55
8	3.46	5.10	4	3.52	3.59	36 0	3.59	2.08
7	3.02	4.63	3	3.08	3.12	35 9	3.14	1.61
6	2.58	4.16	2	2.64	2.65	8	2.70	1.14
5	2.13	3.69	1	2.19	2.18	7	2.26	0.66
4	1.69	3.21	41 0	1.75	1.70	6	1.81	14 0.19
3	1.25	2.74	40 9	1.31	1.23	5	1.37	13 11.72
2	0.80	2.27	8	0.86	0.76	4	0.93	11.25
1	17 0.36	1.80	7	15 0.42	16 0.29	3	0.48	10.77
46 0	16 11.92	1.33	6	14 11.98	15 11.81	2	13 0.04	10.30
45 9	11.47	0.85	5	11.54	11.34	1	12 11.60	9.83
8	11.03	18 0.38	4	11.09	10.87	35 0	11.15	9.36
7	10.59	17 11.91	3	10.65	10.40	34 9	10.71	8.88
6	10.14	11.44	2	10.21	9.92	8	10.27	8.41
5	9.70	10.96	1	9.76	9.45	7	9.82	7.94
4	9.26	10.49	40 0	9.32	8.98	6	9.38	7.47
3	8.81	10.02	39 9	8.88	8.51	5	8.94	6.99
2	8.37	9.55	8	8.43	8.03	4	8.49	6.52
1	7.93	9.07	7	7.99	7.56	3	8.05	6.05
45 0	7.48	8.60	6	7.55	7.09	2	7.61	5.58
44 9	7.04	8.13	5	7.10	6.62	1	7.16	5.10
8	6.60	7.66	4	6.66	6.14	34 0	6.72	4.63
7	6.15	7.18	3	6.22	5.67	33 9	6.28	4.16
6	5.71	6.71	2	5.77	5.20	8	5.83	3.69
5	5.27	6.24	1	5.33	4.73	7	5.39	3.21
4	4.82	5.77	39 0	4.89	4.25	6	4.95	2.74
3	4.38	5.30	38 9	4.44	3.78	5	4.51	2.27
2	3.94	4.72	8	4.00	3.31	4	4.06	1.80
1	3.49	4.35	7	3.56	2.84	3	3.62	1.32
44 0	3.05	3.88	6	3.11	2.36	2	3.18	0.85
43 9	2.61	3.40	5	2.67	1.89	1	2.73	13 0.38
8	2.16	2.93	4	2.23	1.42	33 0	2.29	12 11.91
7	1.72	2.46	3	1.78	0.95	32 9	1.85	11.44
6	1.28	1.99	2	1.34	0.47	8	1.40	10.96
5	0.83	1.51	1	0.90	15 0.00	7	0.96	10.49
4	16 0.39	1.04	38 0	0.45	14 11.53	6	0.52	10.02
3	15 11.95	0.57	37 9	14 0.01	11.06	5	12 0.07	9.55
2	11.50	17 0.10	8	13 11.57	10.58	4	11 11.63	9.07
1	11.06	16 11.62	7	11.12	10.11	3	11.19	8.60
43 0	10.62	11.15	6	10.68	9.64	2	10.74	8.13
42 9	10.17	10.68	5	10.24	9.17	1	10.30	7.66
8	9.73	10.21	4	9.79	8.69	32 0	11 9.86	12 7.18
7	9.29	9.74	3	9.35	8.22			
6	8.84	9.26	2	8.91	7.75			
5	8.40	8.79	1	8.46	7.28			
42 4	15 7.96	16 8.32	37 0	13 8.02	14 6.80			

Parties proportionnelles.

B. métriq.	B. Français.	B. Anglais.
mm.	l.	l.
0.1	0.04	0.05
0.2	0.09	0.09
0.3	0.13	0.14
0.4	0.18	0.19
0.5	0.22	0.24
0.6	0.27	0.28
0.7	0.31	0.33
0.8	0.35	0.38
0.9	0.40	0.43

LOGARITHMES

pour opérer la conversion de quelques mesures. (*Voyez* pages 180, 181.)

Nota. Ces logarithmes sont toujours additifs.

CONVERSION des	Logarith.	Logarith.	CONVERSION des
Mètres en toises françaises........	9.7101801	0.2898199	Toises françaises en mètres.
— — en toises anglaises..........	9.7378378	0.2621622	Toises anglaises en mètres.
— — en vares de Castille.........	0.0778427	9.9221573	Vares de Castille en mètres.
— — en pieds de roi.*...........	0.4883314	9.5116686	Pieds de roi en mètres.
— — en pieds anglais............	0.5159891	9.4840109	Pieds anglais en mètres.
— — en pieds rhénans...........	0.5033083	9.4966917	Pieds rhénans en mètres.
— — en archines de Russie.......	0.1414743	9.8585257	Archines de Russie en mètres.
Millimètres en lignes du pied de roi.	9.6466938	0.3533062	Lignes du pied de roi, en millimètres.
— — en lignes du pied anglais.	9.6743515	0.3256485	Lignes du pied anglais, en millimètres.
Pieds français en pieds rhénans,....	0.0149769	9.9850231	Pieds rhénans, en pieds français.
Toises, Pieds, Pouces, Lignes } français, en { Toises, Pieds, Pouces, Lignes } anglais.	0.0276577	9.9723423	Toises, Pieds, Pouces, Lignes } anglais, en { Toises, Pieds, Pouces, Lignes } français.

TABLE 12e.

EPAISSEUR DE LA COUCHE D'AIR,

qui fait équilibre à un millimètre de mercure, sous diverses pressions et à diverses températures.

Barom. métrique.	THERMOMÈTRE CENTIGRADE.									
	−10°.	−5°.	o	+5°.	+10°.	+15°.	+20°.	+25°.	+30.°	+35°.
c.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.
78	9.830	10.035	10.240	10.446	10.651	10.857	11.062	11.267	11.473	11.678
76	10.089	10.300	10.511	10.722	10.932	11.143	11.354	11.565	11.776	11.986
74	10.364	10.580	10.796	11.013	11.229	11.446	11.662	11.879	12.096	12.312
72	10.652	10.874	11.097	11.319	11.542	11.765	11.987	12.210	12.432	12.655
70	10.956	11.185	11.414	11.643	11.872	12.101	12.333	12.559	12.788	13.017
68	11.280	11.516	11.751	11.987	12.223	12.458	12.694	12.930	13.166	13.401
66	11.624	11.866	12.109	12.352	12.595	12.838	13.080	13.323	13.566	13.809
64	11.988	12.239	12.489	12.739	12.990	13.240	13.491	13.741	13.992	14.242
62	12.378	12.636	12.894	13.153	13.412	13.670	13.929	14.188	14.446	14.705
60	12.792	13.059	13.326	13.593	13.861	14.128	14.395	14.662	14.930	15.197
58	13.233	13.509	13.785	14.064	14.340	14.615	14.893	15.169	15.446	15.723
56	13.707	13.995	14.279	14.569	14.852	15.139	15.425	15.712	15.998	16.285
54	14.217	14.514	14.811	15.108	15.405	15.702	15.999	16.296	16.693	16.890
52	14.764	15.073	15.381	15.689	15.998	16.306	16.615	16.923	17.232	17.541
50	15.359	15.680	16.000	16.322	16.642	16.963	17.284	17.605	17.926	18.247
48	16.001	16.335	16.668	17.003	17.337	17.672	18.006	18.340	18.675	19.009
46	16.698	17.047	17.395	17.745	18.094	18.442	18.791	19.140	19.489	19.858
44	17.462	17.827	18.191	18.556	18.921	19.286	19.651	20.016	20.380	20.745
42	18.297	18.678	19.060	19.443	19.825	20.207	20.590	20.972	21.355	21.737
40	19.215	19.616	20.017	20.419	20.820	21.221	21.623	22.024	22.426	22.828

Cette Table sert à calculer de petites différences de niveau par une simple multiplication, en faisant attention que le résultat ne sauroit être juste qu'autant que la variation du Baromètre n'excède pas beaocoup un millimètre. Dans ces limites, la table est fort commode pour les nivellemens de détail.

Elle sert encore à rapporter les observations à un lieu placé quelques mètres au-dessus ou au-dessous de la station où elles sont faites. Il suffit de diviser la différence de niveau entre les deux lieux, par le nombre qui correspond dans la table aux hauteurs du Baromètre et du Thermomètre. Le quotient est la quantité dont la hauteur du mercure doit être augmentée ou diminuée.

MAI

1810.

Baromètre métrique.
Thermomètre centigrade.
Hygromètre à cheveu.

OBSERVATIONS

Faites à Clermont,

Instruction,

JOUR du MOIS.	8h. 30′, MATIN.				MIDI.				3h. 30′ APRÈS MIDI.				9h. 30′. SOIR.			
	Baromèt.	Th. intér.	Th. ext.	Hygrom.	Baromèt.	Th. intér.	Th. ext.	Hygrom.	Baromèt.	Th. intér.	Th. ext.	Hygrom.	Baromèt.	Th. intér.	Th. ext.	Hygrom.
	c.				c.				c.				c.			
1	72 5.17	+16.7	+15.4	67	72 4.18	+20.5	+20.7	50	72 2.38	+21.3	+23.7	45	72 3.12	+19.1	+14.8	58
2	3.02	16.3	15.6	69	3.12	20.3	18.4	69	2.22	20.5	16.4	73	3.80	18.0	13.4	71
3	3.65	16.7	14.3	77	3.28	18.3	15.4	73	2.10	18.9	17.8	70	3.90	18.8	11.3	93
4	3.85	15.7	13.2	88	3.66	18.8	17.4	67	2.78	20.6	18.7	59	2.62	18.7	11.6	83
5	1.70	17.7	16.8	81	1.14	19.2	16.4	87	0.50	19.3	14.2	87	1.30	18.2	11.7	88
6	2.33	17.3	16.0	78	2.70	18.7	16.4	70	2.35	18.5	18.0	66	2.83	17.9	12.1	82
7	71 9.50	17.3	16.9	79	71 9.77	19.3	20.5	71	71 9.02	18.6	19.4	70	0.75	18.4	13.8	83
8	72 1.87	17.8	13.4	98	72 2.01	18.7	14.6	95	72 2.12	19.6	15.8	84	4.25	18.2	12.0	95
9	5.85	17.0	12.5	76	6.05	18.5	15.3	67	6.02	18.7	15.2	64	7.28	18.0	8.2	85
10	7.73	15.8	11.4	81	7.97	18.5	17.0	73	7.77	18.3	17.4	72	8.03	17.7	10.9	92
11	6.35	16.4	15.0	85	5.55	19.5	23.0	49	4.57	20.0	23.2	49	6.37	18.7	14.4	85
12	6.85	17.7	17.4	77	6.30	19.7	22.2	64	5.77	20.6	22.8	56	6.05	17.7	13.6	95
13	3.55	18.1	17.3	79	2.05	20.7	23.3	57	0.45	21.7	24.5	47	71 9.70	20.0	17.0	65
14	71 8.14	18.8	17.6	70	71 8.23	20.3	20.2	66	71 8.53	20.1	16.8	77	8.30	17.2	12.2	97
15	6.38	18.0	13.2	97	6.38	19.2	14.6	93	6.20	19.3	16.8	75	7.60	17.1	12.2	99
16	8.25	17.1	16.0	81	9.34	18.4	14.0	92	9.45	18.8	16.2	72	72 2.83	18.5	13.4	83
17	72 6.40	16.3	14.7	78	72 6.75	18.8	19.0	62	72 6.42	19.6	21.2	55	6.70	17.9	13.6	74
18	3.83	17.3	18.2	77	3.40	20.0	23.0	52	4.00	19.7	16.4	78	6.03	18.7	12.4	86
19	8.68	17.7	17.2	84	8.88	19.4	18.2	79	9.30	19.6	15.4	83	73 0.00	18.7	12.2	90
20	7.50	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	18.4	13.1	96
21	6.90	17.5	17.0	86	7.13	18.9	12.7	87	7.10	19.3	17.6	94	8.95	18.0	12.5	98
22	73 0.25	17.5	14.8	87	73 0.87	18.9	12.0	98	73 0.45	19.3	15.2	90	73 0.88	18.5	12.2	97
23	72 9.53	17.5	12.4	97	72 9.98	18.7	13.3	91	0.30	18.5	14.0	95	0.68	17.7	10.3	90
24	9.06	16.7	11.8	94	8.55	18.5	12.2	94	72 7.53	17.4	12.6	94	72 6.68	18.2	10.6	95
25	6.55	16.4	10.6	97	7.35	17.7	12.0	92	7.15	17.2	12.5	89	7.55	16.8	10.2	93
26	5.60	15.9	12.3	93	5.20	17.6	15.2	85	3.81	17.1	15.6	84	4.38	17.4	13.0	92
27	2.52	16.5	14.7	94	1.74	17.6	16.3	90	0.53	17.7	14.2	87	0.05	17.7	13.0	96
28	2.00	16.8	14.7	84	4.15	18.5	15.2	84	7.04	17.6	12.3	97	73 0.78	17.4	11.8	94
29	73 3.65	15.7	11.3	90	73 4.30	17.7	15.0	80	73 3.27	18.5	18.4	69	3.30	17.0	12.3	94
30	1.75	16.7	16.7	90	1.62	18.9	16.9	87	0.40	18.3	18.8	79	1.10	17.9	14.8	88
31	1.48	16.3	13.8	74	1.78	18.9	17.7	69	1.10	19.6	20.2	55	1.28	17.4	12.5	85
moyenn.	72 5.16	+17.0	+14.8	84	72 5.17	+19.0	+17.7	76	72 4.73	+19.2	+17.3	75	72 5.59	+18.1	+12.5	88

Moyennes des Observations.

Le Barom. et l'Hygrom. réduits à la température 12°.5.

	Baromètre.	Ther. ext.	Hygrom.
Matin.	72.4.56	+14.8	89.
Midi.	72.4.29	+17.7	86.2
Après midi.	72.3.85	+17.3	84.1
Soir.	72.4.85	+12.5	88.

Baromètre.

Variation diurne.

	mm.
m.	+ 0.27
m.	0.00
m.	— 0.44
m.	+ 0.56

	mm.
Abaissement du jour.	0.71
Ascension du soir.	1.00

MÉTÉOROLOGIQUES

hôtel de la préfecture.

pag. 215.

Latitude . 45°. 47'. — Longitude . 0°. 45'. Est.
Élévation du lieu, au-dessus du niveau de la mer, 411m. — 211t.
Moyenne annuelle du baromètre, à midi, et à la température 12°.5. cent: 72c.8.24 ou 26p.10l.83. Le therm. libre étant pour le même espace de temps et la même heure, à 14°. cent. ou 11°.2 R.

JOUR du MOIS.	ÉTAT DU CIEL.
1	S E. faible. — Superbe le matin. — Ciel orageux, le soir. — Nuit sereine.
2	E. passant au S E. — Nuages, le matin. — *Orage* à 2 h. quelques *gouttes d'eau.*
3	S O. — Ciel brouillé, devenant orageux. Dans la journée, coups de vent et *tonnerre lointain.* — *Pluie* le soir.
4	O. puis O S O. — Beaucoup de nuages. — Soleil une partie de la journée.
5	S O. puis O S O. — Gros nuages. — *Fortes averses* dans la journée et la soirée.
6	O. un peu fort. — Ciel très-orageux dans la journée. — Nuit sereine.
7	S O. fort, s'affaiblissant peu à peu. — Ciel chargé. — *Grosse pluie* à nuit tombante.
8	O. faible. — Très couvert. Nuages bas. — *Pluie* le matin et le soir. — Éclaircies dans la journée.
9	N O. — Très-couvert le matin ; éclaircies après midi ; belle soirée. Nuit sereine.
10	E. — Beaucoup de nuages, avec du soleil durant une grande partie du jour. — Nuit superbe.
11	S E. passant par le S. au S O. — Beau le matin — *Tonnerre* à 5 h. ; *pluie* à 6 h. — Coups de vent, le soir.
12	O S O. — Ciel nuageux. — Au coucher du soleil, un grain de *pluie*, accompagné d'*éclairs.*
13	S O. — Superbe le matin. — Ciel orageux, depuis 2 h. — Le soir, coups de vent.
14	S O. fort. — Le matin, ciel chargé. *Pluie* et nuages fort bas, le reste de la journée.
15	S O. faible. — Nuages et brouillards très-bas. — Fortes *averses* entremêlées de rayons de soleil.
16	O S O. — Beau, le matin. — *Pluie* à 11 h. — *Orage* à 4 h. — Eclaircies passagères.
17	O. fort et plongeant. — Soleil. Nuages. — Le soir, calme et ciel serein.
18	S O. — Ciel chargé, dès le matin. — *Averse* à 2 h. — *Orage* à 3 h. avec *pluie* et coups de vent. — Belle soirée.
19	O. — Nuages. Gouttes de *pluie.* — Soleil par intervalles. — Assez belle soirée.
20	S O. — Ciel brouillé. — A 1 h. *Orage.* — Dans la journée, *averses* fréquentes. — Forte *pluie* le soir.
21	S O. — *Orage* à 11 h. — Beaux intervalles, dans la journée. — Le soir, *pluie* abondante.
22	O. — *Pluie* jusqu'à midi. — Couvert, le reste du jour.
23	N. — *Pluie* jusqu'à 11 h. — Ensuite couvert. Nuages très-bas. Nuit très-noire.
24	N. — Très-couvert, et *pluie* continuelle.
25	N. — Très-couvert toute la journée. — *Petite pluie* le matin. Eclaircies à 9 h. du soir.
26	S S E. le matin. — N. après midi. — Couvert. Gouttes de *pluie.* — Eclaircies passagères.
27	S S E. faible. — Couvert. — *Pluie* réglée depuis 2 h. jusqu'à 6. — Nuit très-sombre.
28	N O. un peu fort. — Nuages bas. Brouillards errans. — *Pluie* ou *bruine*, toute la journée.
29	N E. passant peu à peu à l'E S E. — Nuages le matin. Beau dans le jour. Très-beau le soir.
30	E S E. — Ciel chargé. — A 4 h. *tonnerre* et *pluie d'orage.* Eclaircies dans la soirée.
31	E N E. un peu fort. — Quelques nuages passans. — Très-beau toute la journée.

Le 9. La *Newa* étoit encore couverte de glaces.
Le 12. Orage terrible à Commercy et à Vaucouleurs.
Le 14. et le 15. Les vents de S O. régnoient dans la baie de Cadix. — Les pluies de ces deux jours ont occasionné des crues extraordinaires du Tanaro et de la Bormida, Département de Marengo.
Du 23 au 24. Un Orage affreux et des torrens de pluie ont dévasté le territoire de Schmiedeberg en Silésie. En même temps, les pluies ont de nouveau débordé le Pô à Turin. — Pluies continuelles et orages en Espagne et en Portugal, durant ce mois.
Le 29. Nuée de sauterelles portées sur la campagne de Rome, par un vent d'Afrique.
Le 31. Le Thermomètre étoit descendu à Pétersbourg à 3°. au dessous de zéro, et dans les derniers jours du mois il neigeoit abondamment en Bohême et en Hongrie.

DÉCEMBRE

1810.

OBSERVATIONS

Faites à Clermont,

Instruction,

Baromètre métrique.
Thermomètre centigrade.
Hygromètre à cheveu.
Les hauteurs du Bar. réduites à la temp. 12°5.

JOUR du MOIS.		9 h. DU MATIN.			MIDI.			3 h. APRÈS MIDI.			9 h. DU SOIR.		
		B. à 12°.5	Th. c.	Hyg.	B. à 12°.5	Th. c.	Hyg.	B. à 12°.3	Th. c.	Hyg.	B. à 12°.5	Th. c.	Hyg.
		c.			c.			c.			c.		
S.	1	71.9.94	+ 5.5	87	71.9.24	+ 9.0	80	71.8.57	+ 7.5	80	71.9.81	+ 4.4	93
D.	2	72.3.40	2.6	97	72.3.25	4.8	85	72.3.76	3.5	93	72.5.49	2.0	95
L.	3	6.09	1.5	88	6.34	2.8	86	7.67	1.5	86	9.89	1.3	83
M.	4	73.2.61	— 2.0	93	73.2.26	2.3	81	73.1.34	3.4	77	73.2.07	2.2	94
M.	5	2.91	+ 3.6	95	2.66	6.7	94	2.24	6.8	95	2.80	4.5	96
J.	6	0.57	1.0	95	72.8.90	5.2	90	72.6.56	6.3	88	72.3.81	2.1	95
V.	7	72.0.08	7.0	79	71.9.63	8.6	81	71.8.04	7.2	84	71.7.73	4.2	90
S.	8	71.7.71	3.7	94	7.71	5.2	80	8.56	3.7	92	72.1.59	2.8	91
D.	9	72.5.58	3.4	74	72.5.74	4.1	87	72.6.44	3.8	87	8.83	3.0	81
L.	10	8.62	0.3	86	6.99	3.9	79	4.34	4.6	74	1.58	8.3	84
M.	11	71.9.15	9.8	86	2.29	9.2	74	2.08	8.5	80	6.12	6.1	87
M.	12	73.0.42	1.6	94	9.76	4.0	92	8.21	7.0	83	7.87	10.5	83
J.	13	6.00	6.8	84	73.6.20	9.3	77	73.6.88	9.4	76	73.8.37	8.3	87
V.	14	6.68	6.8	74	5.97	7.8	83	4.19	8.6	83	3.31	7.3	87
S.	15	2.35	7.0	94	1.66	7.3	97	1.12	6.2	96	72.9.98	6.0	95
D.	16	4.54	6.3	87	4.81	7.4	79	5.46	6.2	79	73.7.33	4.3	87
L.	17	7.71	3.7	77	7.07	4.0	77	5.94	3.6	81	4.20	— 0.2	92
M.	18	72.8.25	— 1.5	92	72.6.36	4.0	80	72.5.09	7.6	59	72.5.40	+ 6.7	84
M.	19	5.39	+ 5.3	84	2.88	6.2	80	71.9.98	7.1	77	71.5.83	8.3	77
J.	20	73.0.22	2.0	79	73.0.36	2.5	74	73.0.33	3.1	67	73.0.28	0.6	79
V.	21	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	72.7.15	5.8	79
S.	22	8.10	6.5	86	9.47	8.5	86	73.0.01	8.6	83	73.0.99	8.0	81
D.	23	73.0.59	8.4	77	73.0.10	9.4	76	72.9.71	9.4	81	72.9.47	5.2	85
L.	24	72.4.59	6.3	69	72.4.10	11.6	51	6.06	8.0	78	9.46	5.7	84
M.	25	8.85	5.3	80	6.86	8.0	77	5.95	9.2	78	5.32	11.3	86
M.	26	9.95	8.4	78	9.74	9.5	77	73.0.91	9.4	78	73.2.80	9.3	85
J.	27	73.0.90	11.2	84	9.42	12.2	82	72.8.09	11.8	83	1.36	6.5	79
V.	28	0.94	5.5	80	73.0.83	6.2	78	73.1.24	4.5	81	3.13	2.3	88
S.	29	5.34	0.4	83	4.48	1.0	84	4.04	— 0.5	84	4.08	— 0.5	83
D.	30	4.38	— 1.8	88	3.99	— 1.6	86	3.28	— 2.3	87	2.97	— 4.1	87
L.	31	2.75	— 7.6	80	1.77	— 6.0	76	0.96	— 6.2	78	0.27	— 7.8	85

Moyennes.

	B. à 12°.5.	Therm.	Hygr.	Hyg. à 12°.5.
Matin.	72.9.09	+4.0	84.7	69.5
Midi.	72.8.59	+5.9	81.0	69.7
Après midi.	72.8.09	+5.7	81.7	70.0
Soir.	72.8.69	+4.0	89.8	73.2

Variation diurne.

m.	+0.50		mm.
m.	0.00	Abaissement du jour. .	1.00
m.	—0.50	Ascension du soir. . .	0.60
m.	+0.10		

MÉTÉOROLOGIQUES

Hôtel de la Préfecture.

Page 215.

Latitude 45°. 47′. — Longitude 0°. 45′. Est.
Élévation de la station, au-dessus de la mer. 411^{m}. ou 211^{t}.
Moyenne annuelle du bar. à midi et à la temp. 12°.5 — 72^{c}.8.24. ou 26^{p}.10^{l}.83; la température de l'atmosphère pour la même heure, étant 14°. cent.

JOUR du MOIS.	ÉTAT DU CIEL.
1	O. — Couvert toute la journée. Rayons de soleil, à midi seulement.
2	N N E. — Couvert. Nuages très-bas ; moins à midi, plus le soir.
3	N N E. — *Il a neigé* la nuit, à 80^{m}. au-dessus de Clermont. Couvert toute la journée.
4	N N O. — *Gelée blanche.* Superbe le matin, couvert après midi. *Petite pluie* le soir.
5	N E. — Nuages à l'Est. Couvert après midi, brume dans les montagnes.
6	O S O. — Brume basse le matin. Superbe toute la journée.
7	O S O. — Rayons de soleil le matin. Ciel chargé le reste du jour. Nuages en mouvement.
8	O—NO—N. — Ciel chargé. Nuages en mouvement. Vent un peu fort. *Gouttes de pluie* à 3 h.
9	N N E. — *Il a un peu neigé sur les sommets.* Nuages en mouvement. *Gouttes de pluie* à 3 h.
10	NNO—OSO. — Rayons de sol. le matin. Couv. à midi. *Gouttes de pluie* à 5 h. Vent très-fort le soir et la nuit.
11	OSO—O—NO. — Deux couches de nuag. Vent variable et violent. *Tonnerre et pl.* à 5 h. Calme et couv. le s.
12	NO—SO. — Nuages le matin. Beau ensuite. Couvert à 5 h. — Coups de vent le soir.
13	N. et O. — Grands nuages passans. Soleil par interv. Coups de vent à midi et 3 h. — Calme et couvert le soir.
14	NO—O. fort. — Très-beau le mat. Le ciel se brouille ensuite, et s'éclaircit le soir. Gr. vent O. depuis 4 h.
15	O. fort. — Vent violent et *grosse pluie* jusqu'à 9 h. du matin. Le vent tombe. *La pluie* continue.
16	NNO—N. — Nuages en mouvement. Soleil, par instans. Très-couvert le soir.
17	N E. — Couvert jusqu'au coucher du soleil. Soirée et nuit sereines.
18	NE—OSO. — *Gelée blanche.* Très-beau le matin. Couvert à midi. Coups de vent le soir. *Pluie* la nuit.
19	O—SO. — Soleil de bonne heure, puis couvert. *Gouttes de pl. Neige* à la montagne. Coups de vent le soir.
20	N. — *Il a neige* sur les montagnes. Nuages le matin. Superbe, depuis 2 h.
21	O S O. fort. — Grand vent toute la journée. Alternatives de *grains de pluie* et d'éclaircies.
22	O. fort. — *Pluie et vent.* Eclaircies. Plus calme après midi. Le vent recommence le soir.
23	O S O. — Nuages et vent le matin. Belle après-midi. Nuit sereine.
24	S O. fort.—O. — Couvert le matin. Vent fort à midi, avec soleil. *Pluie fine* depuis 3 h. Couvert le soir.
25	OSO—SO. fort. — Couv. *Pl.* à 11 h. Vent violent depuis 4 h. après midi. Ciel étoilé la nuit. Le vent continue.
26	O. fort. — Bourrasques de vent et de *pluie.* Le soleil perce à midi. Soirée calme.
27	OSO—O. — Gros nuages en mouv. Soleil à midi. *Grosse pl.* à 3 h. Coups de vent par int. toute la journée.
28	ONO—NO. — Le matin, vent très-fort qui va en diminuant. Succession d'*averses* et d'éclaircies.
29	N N O. fort. — Couvert toute la journée. Eclaircies passagères. Bourrasques de vent, de *grésil* et de *neige.*
30	N N E. fort. — Couvert. Bise perçante. *Neige fine*, par intervalles.
31	N N E. fort. — Couvert toute la journée. Nuages bas et continus. Un peu de *neige* entre midi et 3 h.

Les froids ont commencé de très-bonne heure dans la Russie d'Asie, et ils y ont été extraordinaires. L'hiver a débuté dans le gouvernement d'Orenbourg par une gelée de — 15°. et vers Noël, le therm. est descendu plusieurs fois à — 34°. de Réaumur.

Dans la nuit du 24 au 25, tremblement de terre ressenti à Parme, Reggio, Vicence, Venise, Mantoue.

Le 25 au soir, le tonnerre a frappé le clocher d'Avesne, departement du Nord. — Le même soir ouragan furieux, du vent S O. à *Neresheim*, Allemagne.

Le 28 et le 29, horrible tempête, dans les eaux de Dunkerque, par les vents NNO. et N N E. et avec pluie, neige et grêle.

SEPTEMBRE 1810.

Baromètre métrique.
Thermomètre centigrade.
Les hauteurs du mercure, réduites uniformément à la température 12°5.

OBSERVATIONS

Faites à Barèges,

Instruction,

JOUR du MOIS.		MATIN. 8 h. 30'.		MIDI.		APRÈS MIDI. 3 h. 30'.		SOIR. 9 h. 30'.	
		Baromètre.	Therm.	Baromètre.	Therm.	Baromètre.	Therm.	Baromètre.	Therm.
		c.		c.		c.		c.	
S.	1	66. 2.55	+18.0	66. 2.35	+22.7	66. 2.46	+22.2	66. 3.62	+16.3
D.	2	4.35	19.5	4.14	22.7	3.53	23.6	4.32	17.3
L.	3	3.55	20.3	2.96	24.6	2.32	24.4	2.56	19.8
M.	4	1.54	17.2	0.64	20.5	0.70	16.2	1.86	11.4
M.	5	1.21	9.6	0.86	12.5	1.04	14.3	3.21	9.0
J.	6	3.44	9.8	2.81	14.9	3.62	12.4	4.47	10.7
V.	7	3.73	13.9	4.67	19.3	4.60	19.5	4.57	16.7
S.	8	4.79	17.2	4.45	20.0	4.05	19.3	4.97	14.8
D.	9	5.12	15.9	4.82	20.0	4.61	21.2	5.41	14.0
L.	10	4.57	15.9	4.55	16.3	3.91	16.0	5.14	13.5
M.	11	1.32	13.7	1.12	17.8	65. 9.98	16.3	65. 9.53	13.0
M.	12	0.37	8.3	0.37	8.6	9.99	10.2	66. 1.63	7.0
J.	13	2.28	6.3	2.31	8.0	66. 2.85	7.7	4.63	6.1
V.	14	4.99	7.0	5.21	8.6	5.55	8.3	5.64	7.5
S.	15	4.75	8.6	4.41	11.7	3.42	12.4	3.88	9.1
D.	16	2.66	11.0	2.56	15.5	2.34	15.6	2.81	11.0
L.	17	2.46	13.3	1.70	16.9	1.54	17.0	2.67	11.6
M.	18	3.03	14.5	2.84	19.6	2.64	18.9	3.61	13.3
M.	19	4.42	15.0	4.07	18.0	3.77	19.0	4.64	13.2
J.	20	4.12	14.9	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	4.39	13.8
V.	21	4.74	13.6	4.41	17.9	3.90	18.3	4.49	13.3
S.	22	3.81	13.9	3.16	18.9	2.41	15.5	4.24	11.3
D.	23	4.09	10.6	4.04	12.0	4.10	9.5	4.79	9.3
L.	24	3.44	7.6	3.07	11.6	1.92	12.2	1.86	8.3
M.	25	0.18	7.8	65. 9.91	12.0	65. 9.78	10.8	0.73	7.5
M.	26	65. 9.90	8.6	9.72	12.5	9.57	10.8	0.41	7.5
J.	27	66. 0.52	8.6	66. 0.24	13.0	9.67	14.0	0.81	8.5
V.	28	2.23	10.6	1.90	18.4	66. 1.86	18.4	3.37	11.5
S.	29	3.49	14.0	3.17	18.2	2.76	18.0	3.66	12.0
D.	30	3.95	11.7	3.87	16.3	3.92	13.5	6.03	10.2
Moyennes.		66. 3.11	+12.6	66. 2.81	+16.3	66. 2.54	+15.8	66. 3.47	+11.6

Variation diurne du baromètre.

		mm.		mm.
Matin	m. +	0.30	Abaissement du jour	0.57
Midi	m.	0.00	Ascension du soir	0.93
Après midi	m. —	0.27		
Soir	m. +	0.66		

MÉTÉOROLOGIQUES

au bas du village.

Page 215.

Latitude 42°. 53′. 20″. Longitude 2°. 17′. 36″. O.
Élévation de la station au-dessus du niveau de la mer 1280m.5 ou 657t.
Moyenne du baromètre à midi et à la température 12°5, conclue de cinq années d'observation, pour les mois de Juillet, Août, Septembre et Octobre, 66c2.68 ou 24p.5l77; la moyenne du thermomètre étant pour la même heure, 17.5 cent. ou 14°. Réaum.

Jour du mois.	ÉTAT DU CIEL.
1	OSO. un peu fort. — Très-beau le matin. Nuages dans la journée. Le soir, air plus calme, ciel serein.
2	S O. fort. — Ciel voilé et chargé de plus en plus. Ray. de sol. et coups de v. dans l'après midi.— Nuages le soir.
3	OSO. et SO. fort. — Très-beau le matin. Le Ciel se trouble et le vent augmente après midi. *Eclairs*, le soir.
4	S O. — Ciel chargé. Gouttes de *pl.* le matin. Rayons de soleil à midi. *Brouillards* bas et forte *pl.* toute la soirée.
5	S O. et O. — Nuages hauts et *brouillards bas*. *Pl.* le matin et le soir. Eclaircies apres midi. *Neige* sur les sommets.
6	O. — Ciel pur le matin, ensuite un peu rayé. Légers brouill. dans les sommets. Ils s'emparent de la vallée.
7	S O puis O. — Superbe jusqu'à midi. Le ciel se voile ensuite. Grosses gouttes de *pluie* dans la soirée.
8	S O. — Ciel chargé le matin. Gouttes de *pluie*. Il s'éclaircit de plus en plus. Soirée très sereine.
9	O S O. — Gros nuages passans. Alternatives de soleil et de *pluie*. Beau à midi. Ciel nettoyé le soir. *Eclairs* à l'O.
10	O S O. — Gros nuages en mouv. Alternatives de soleil, de brouill. et de *pluie*. Forte *ondée* à 6 h. —Brouill. le soir.
11	SO. et O. — Ciel pur le mat. *Brouillards* dans la mat. avec le V. d'O. et s'epaississant de plus en plus. *Pl.* la nuit.
12	OSO. et O N O. — Le matin, *brouillard et bruine*. Coups de vent dans la journée. Nuages bas et *pluie* le soir.
13	O N O. — *Pluie* abond. le mat. *Neige* sur les cimes. La *pl.* diminue dans la journée et cesse le soir. Nuag. très-bas.
14	O N O. et O S O. — *Brouillards* par bouffées. *Pluie* par averses. Rayons de soleil à midi. *Pluie* réglée le soir.
15	S O. et O. — Nuages bas, brouillards errans. Eclaircies vers midi. *Pluie* et *brouillard* dans la soirée.
16	S O. — Très-belle matinée. Le ciel se charge à midi. Les nuages se gruppent le soir. Intervalles étoilés.
17	S O. — Nuages en mouvement. Soleil pâle. Air limpide. Ciel voilé le soir, et s'éclaircissant la nuit.
18	O. puis O S O. — Beau le matin. Coups de vent et nuages plus abondans après midi. Ciel brouillé le soir.
19	OSO. — Soleil. Grands nuages plats. Le ciel se brouille après midi et s'éclaircit le soir. Nuit superbe.
20	O S O. — Ciel brouillé le matin. Nuages pommelés à midi. Brouillards légers dans les montagnes. Nuit sereine.
21	O S O. — Très-beau le matin. Après midi, *brouillards* dans les montagnes et gouttes de *pluie*. Nuit très sereine.
22	O S O et NE. — Superbe le mat. A midi brouill. dans les cimes. A 3 h. *grésil* et *neige* à la mont.; *pl* dans la vallée.
23	O N O. — *Brouillard épais* et bas toute la journée. *Bruine* plus ou moins forte depuis midi.
24	OSO. — Le matin, *brouillard* jusqu'à terre et bruine. Rayons de soleil à midi. Couvert le soir.
25	SO. et O. — Ciel pur. *Brouillard* bas, venu de l'O. Eclaircies après midi. Nuages le soir. Intervalles étoilés.
26	S O. — Ciel chargé le matin. Les brouillards reculent. Rayons de sol. à midi. Forte *pluie* à 5 h. *Eclairs* le soir.
27	S O. — Gros nuages en mouvement. Sol. par int. Le ciel s'éclaircit peu à peu. Belle soirée. Les mont. neigées.
28	S O. et O. — Très-beau. Les mont. coiffées de nuages venus du SO. et la plaine couv. de Brouillards de l'O.
29	SO. — Ciel voilé le matin. Grands nuages dans la journée. Soleil après midi. *Eclairs* le soir.
30	O S O. — Très-beau le matin. Après midi, *brouillard* épais dans les montagnes. *Pluie* dans la soirée.

TABLE

DES MATIÈRES.

L'influence

FIN.





